

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE - N° 308

BIOCHIMIE DU POISSON

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

SECTION DE PHARMACIE

présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

le 25 Juin 1941

PAR

Joseph DUPRÉ

Né le 13 Février 1912, à SAINT-SAUVEUR-DE-MONTAGUT (Ardèche)



LYON

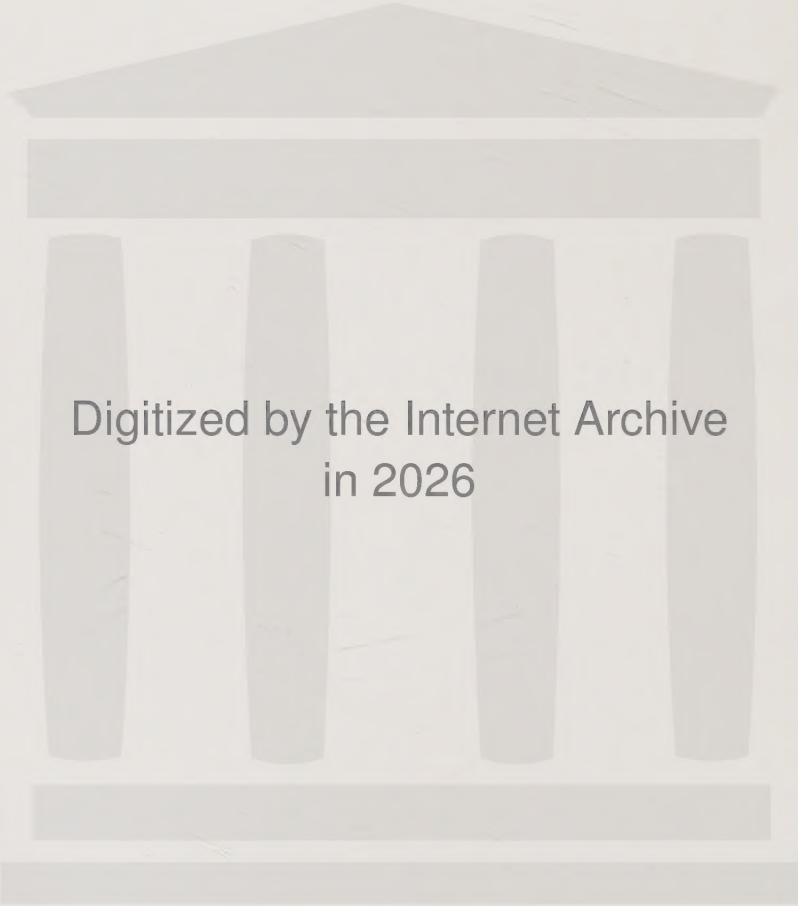
BOSC Frères M. & L. RIOD

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

42, Quai Gailleton, 42

—
1941

BIOCHIMIE DU POISSON



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554206_0010

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE - N° 308

BIOCHIMIE DU POISSON

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

SECTION DE PHARMACIE

présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

le 25 Juin 1941

PAR

Joseph DUPRÉ

Né le 13 Février 1912, à SAINT-SAUVEUR-DE-MONTAGUT (Ardèche)



LYON

BOSC Frères M. & L. RIOU

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

42, Quai Gailleton, 42

—
1941

PERSONNEL DE LA FACULTE

Doyen honoraire.....
Doyen
Assesseur

M. L. HUGOUNENQ.
M. J. LEPINE.
M. A. MOREL.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. LANNOIS, HUGOUNENQ, PIC, CONDAMIN, PAVIOT,
NICOLAS, VILLARD, NOVE-JOSSERAND, TIXIER, COLLET, GAYET, CLUZET
BERARD, COURMONT, GUIART, PIERY

PROFESSEURS

Cliniques médicales.....
Cliniques chirurgicales.....
Clinique obstétricale et Accouchements.....
Clinique ophtalmologique
Clinique dermatologique et syphiligraphique.....
Clinique neurologique et psychiatrique.....
Clinique médicale infantile
Clinique gynécologique
Clinique d'oto-rhino-laryngologie
Clinique urologique
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie.....
Clinique et prophylaxie de la tuberculose.....
Clinique des maladies infectieuses.....
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie.....
Chimie biologique et médicale.....
Chimie organique et Toxicologie.....
Matière médicale et Botanique.....
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.....
Anatomie
Histologie
Physiologie
Pathologie Interne.....
Pathologie générale et thérapeutique.....
Anatomie pathologique.....
Chirurgie opératoire.....
Médecine expérimentale et comparée et Bactériologie.....
Médecine légale.....
Hygiène
Pharmacie et Pharmacologie.....
Hydrologie thérapeutique et Climatologie.....

MM. FROMENT.
SAVY.
PATEL.
LERICHE (en mission)
VORON.
BONNET.
FAVRE.
LEPINE (J.).
MOURIQUAND.
COTTE.
REBATTU.
CIBERT.
TAVERNIER
X.
J. CHALIER
PONTIUS.
FLORENCE.
MOREL.
MANCEAU.
X...
LATARJET.
POLICARD.
HERMANN.
CORDIER.
CADE.
J.-F. MARTIN.
SANTY.
ARLOING (F.).
MAZEL.
ROCHAUX.
LEULIER
X...

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Chargé d'un cours d'Anatomie médico-chirurgicale.....
Chargé d'un cours d'Embryologie.....

MM. THEVENOT (Léon).
NOEL.

AGREGES

MM.
GABRIELLE
CHAMRON
REVOL
ENSELME
SEDALLIAN
CREYSSEL
DE ROUGEMONT

MM.
P. RAVAUULT
PIGEAUD
CROIZAT
DELORE
JOSSERAND
MORIN
BERTRAND

MM.
CLAVEL
LEVRAT
BANSILLON
MALLET-GUY
ROMAN
PEYCELON
JOURDAN

MM
FROMENT (R.).
MARTIN (P.-E.).
MOUNIER-KUHN
BROUSSY
PIFFAULT

EXAMINATEURS DE LA THESE

MM. CORDIER, *Président* ; ENSELME, *Assesseur*.

REVOL et BROUSSY

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PERE ET A MA MERE

En témoignage d'affectueuse reconnaissance.

A MES SŒURS

A LA MEMOIRE DE MON ONCLE

A MA TANTE ET A MA COUSINE

A TOUS LES MIENS

BIOCHIMIE DU POISSON

INTRODUCTION

On pourra s'étonner de voir traiter un pareil sujet dans une thèse de pharmacie. Nous avons eu pour un tel choix deux raisons qu'il convient d'exposer.

Tout d'abord, il n'existe pas de biochimie comparée. M. le Professeur Agrégé ENSELME, en nous confiant ce sujet, a pensé nous faire réunir des documents qui, joints à ceux qu'apporteront d'autres thèses de même type, pourront servir à l'édification de cette branche très délaissée de la biochimie.

Par ailleurs, maintes expériences sont réalisées en pharmacodynamie au moyen de poissons. Il est facile d'obtenir l'absorption d'un médicament dissout dans l'eau d'un aquarium par des animaux qui restent obligatoirement en contact avec eux. Mais l'interprétation des résultats demande une connaissance aussi parfaite que possible de la biochimie de ces animaux. Par ce côté, nous restons en contact avec les études pharmaceutiques et nous redonnons à notre thèse un intérêt pratique.

C'est pour nous une tâche bien agréable que celle de rendre hommage aux professeurs de cette Faculté auxquels nous devons notre formation.

Notre reconnaissance va aux Maîtres qui ont bien voulu être nos juges :

M. le Professeur CORDIER qui nous fait le grand honneur de présider notre thèse.

M. le Professeur Agrégé ENSELME qui nous a inspiré le sujet de cette étude. Il a suivi pas à pas nos recherches et inlassablement nous a prodigué ses précieux conseils. Sa bienveillante sollicitude et l'atmosphère si **cordiale** qu'il sait faire régner dans son laboratoire ont été fort appréciées de nous et nous ne sommes pas près de les oublier. Qu'il trouve ici l'hommage de notre sincère reconnaissance et de notre profond attachement.

Notre reconnaissance va également aux Maîtres qui ont bien voulu être nos juges : M. le Professeur CORDIER qui nous fait le grand honneur de présider notre thèse.

M. le Professeur Agrégé REVOL, dont nous avons apprécié au cours de nos années d'études l'enseignement si substantiel et si limpide. Nous lui présentons ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

M. le Professeur Agrégé BROUSSY que nous remercions d'avoir bien voulu faire partie de notre Jury.

CHAPITRE PREMIER

LES LIPIDES

Les lipides forment des dépôts chez les poissons comme chez les vertébrés supérieurs, mais ces dépôts n'ont pas la même distribution anatomique.

La face profonde du derme repose généralement directement sur les muscles. On rencontre bien, sans doute, en quelques points, chez certains poissons, une couche plus épaisse de cellules adipeuses sous le derme et, de préférence, sous la peau du ventre et de la queue, mais cela n'aboutit jamais à la formation d'un panicule adipeux comme chez les homéothermes.

Les muscles sont, chez quelques poissons, un centre de dépôt lipidique ; ce sont les poissons dits gras ; le saumon, le poisson-chat en sont des exemples.

Le foie est un centre de dépôt important pour certains autres poissons dont les muscles sont peu riches en graisses ; la morue est de ceux-ci. Ces poissons sont dits poissons maigres.

A. — LES ACIDES GRAS

Nous suivrons l'évolution des acides gras qui dérivent des lipides alimentaires, pendant leur trajet dans l'organisme du poisson.

I. — L'apport alimentaire

Les poissons se nourrissent de plantes, de petits crustacés du plankton, enfin, parfois aussi de moules et de poissons.

1° La composition en acides gras des végétaux aquatiques, est étudiée par Lovern.

Cet auteur montre que quel que soit le milieu dans lequel elles se développent : eau douce ou eau de mer, ces plantes ont une même constitution lipidique. Leur teneur en acides gras se rapproche sensiblement de celle des animaux d'eau douce.

Cette constitution donnée pour les diatomées servira d'exemple :

Diatomées, acides gras en

$$\begin{array}{rcl} \text{C}^{14s} \dots & 8, & \text{C}^{14s} \dots 17, \quad \text{C}^{18s} \dots 2 \\ \text{C}^{14} = & 36, & \text{C}^{18} = 20, \quad \text{C}^{20} = 16 \end{array}$$

(en poids, % de lipides)

Les indices de désaturation calculés en hydrogène sont :

$$\text{C}^{16} = -3,4\text{H}, \quad \text{C}^{18} = -5,3\text{H}, \quad \text{C}^{20} = -7\text{H}.$$

2° La composition en acides gras des éléments du plankton a aussi été étudiée par Lovern. Cet auteur montre que le plankton marin ne ressemble pas au plankton d'eau douce. Les différences qu'ils présentent entre eux, rappellent sensiblement les différences que nous retrouverons entre les acides gras des poissons marins et les acides gras des poissons d'eau douce.

II. — Digestion et absorption

Lovern a montré que dans l'intestin du flétan il existe : des acides gras libres, du cholestérol, des phosphatides, des esters du cholestérol.

III. — Transport des lipides

Le transport des lipides par la voie chylifère, est chez le poisson, accessoire. Les graisses passent, de façon presque exclusive par la voie sanguine. De larges communications établies entre la veine-porte et la veine-cave évitent aux lipides de passer obligatoirement dans le foie avant de gagner la circulation générale.

IV. — Lipides déposés dans les tissus

Nous examinerons successivement les techniques utilisées, puis les résultats obtenus.

1° LES TECHNIQUES :

Les techniques utilisées pour l'étude des graisses des poissons sont celles généralement employées en biochimie. Nous nous contenterons de les rappeler en insistant seulement sur les particularités qu'elles présentent lorsqu'elles sont adaptées aux lipides des animaux marins.

1° La méthode des bromures d'acides gras.

Les acides gras éthyléniques fixent deux atomes de brome sur chacune de leur double liaison, donnant ainsi des bromures qui présentent des propriétés différentes suivant le nombre d'atomes de brome fixé. On distingue quatre séries : Chez le poisson deux séries sont particulièrement intéressantes :

a) La série oléique fixe deux atomes de brome; ses bromures sont liquides, ils se dissolvent dans l'éther, l'éther de pétrole, l'acide acétique et la benzine.

b) La série clupanodonique, fixe 8 ou 10 atomes de brome. Ses bromures sont insolubles dans tous les solvants précités, cristallisant mal, et décomposés par la chaleur avant d'avoir atteint leur température de fusion.

2° La méthode des sels de lithium.

En 1920, Tsujimoto a séparé les acides gras, en profitant des différences de solubilité à basses températures de leur savon de lythium dans l'acétone étendu à 5 % d'eau. A zéro degré, après un certain nombre d'heures, les acides fortement non-saturés, restent dissous, alors que tous les autres précipitent.

3° La méthode de distillations fractionnées des éthers méthyliques.

En 1906, Bull a séparé en les distillant les esters méthyliques des divers acides gras. Ces esters sont produits par action du méthylate de sodium sur les huiles. Ils passent à la distillation sous 10 mm. de mercure, en se fractionnant entre 160° et 240°. Cette méthode est, aujourd'hui, très généralement utilisée.

2° LES RÉSULTATS :

Les acides gras considérés isolément, en dehors de toute combinaison chimique, diffèrent les uns des autres de plusieurs manières.

a) Par la longueur de leur chaîne. Chez le poisson nous trouverons des chaînes plus ou moins longues, de C¹² à C²². On isole des groupes d'un nombre d'atome de carbone défini, par la méthode des esters méthyliques.

b) Par le nombre de liaison éthyléniques qu'ils contiennent. Elles sont généralement nombreuses chez le poisson. On dose le plus souvent le nombre d'atome d'hydrogène qui manque à chaque groupe.

En 1923, Emile André, a, dans un tableau, groupé les principaux acides gras, isolés des huiles d'animaux marins.

a) Saturés	Acide phocénique	C ⁵ H ¹⁰ O ²
b) Faiblement non-saturés	Acide physétoléique	C ¹⁶ H ³⁰ O ²
	Acide zoomarinique	C ¹⁶ H ³⁰ O ²
	Acide gadoléique	C ²⁰ H ³⁸ O ²
	Acide sélacholéique	C ²⁴ H ⁴⁶ O ²

c) Fortement	Acide thérapeutique	$C^{18}H^{28}O^2$
non-saturés	Acide arachidonique	$C^{20}H^{32}O^2$
	Acide clupanidonique . . .	$C^{22}H^{34}O^2$

L'acide selachique est le plus spécifique des acides gras des élastomobranthes, il a été trouvé en 1925 par Tsujamoto. Les acides gras ont été décelés par différents chimistes norvégiens : Heyerdahl, Henrik Bull, Schmidt-Nielsen, Thor Lexow, Bonnevie, Swendsen, et Japonais : Mitsumaru Tsujimoto, Yoshiyuki Toyama, Riko Majima, Sepi Okada, Kubota. Des connaissances plus récentes et plus complètes, sont dues aux recherches de Lovern, poursuivies au laboratoire d'Abordenn.

On peut classer ainsi les résultats obtenus :

a) *Les acides gras des glycérides*. — Les acides gras paraissent, dans toute la série, dépendre essentiellement de l'habitat.

Les animaux aquatiques, les poissons en particulier, se caractérisent par une prédominance des acides gras non saturés. Les acides gras saturés ne représentent guère que 15 à 20 % des acides gras totaux. Les acides non-saturés sont en C^{16} , C^{18} , C^{20} , C^{22} , C^{24} . Ils ont un état de désaturation variable, mais en général, important.

Les animaux terrestres, par contre, ont des glycérides dont les acides gras sont pour la plus grande partie, saturés. Parmi les acides non-saturés, ceux dont la chaîne est en C^{20} , C^{22} , C^{24} , n'existent qu'en très minime quantité ou sont absents.

Les Batraciens et les reptiles ont des caractères intermédiaires entre ceux des animaux marins, et ceux

des animaux terrestres. Leurs acides non-saturés en C¹⁶, C²⁰, C²² sont présents, mais en quantité plus faible que chez les poissons, plus forte que chez les mammifères ou les oiseaux. Le taux des acides gras saturés, reste relativement bas, les acides non-saturés en C¹⁸ prédominent nettement.

L'influence du milieu va plus loin, elle modèle la constitution lipidique au point de donner des différences nettes entre les animaux vivants dans l'eau salée, et les animaux vivant dans l'eau douce.

Les acides gras des poissons marins ont, en effet, les caractères suivants :

une grande richesse en acides en C²⁰ = et C²² =,
une teneur faible en acides en C¹⁶ = et C¹⁸ =.

Les acides gras des poissons d'eau douce présentent les caractères suivants :

une prédominance des acides en C¹⁶ =, C¹⁸ =,
une faible teneur des acides en C²⁰ =, et C²² =.

Ainsi, les acides gras des poissons se classent nettement parmi les animaux aquatiques et se différencient selon qu'ils vivent dans l'eau douce ou dans l'eau marine.

Il semble bien que la différenciation aille beaucoup plus loin encore et Lovern, a pu donner les caractéristiques lipidiques, d'un certain nombre de familles de poissons.

C'est ainsi que les *Harengs* ont une très grande richesse en acides en C²² =, et présentent des acides en C¹⁶ = et C¹⁸ = anormalement dessaturés, alors, au contraire, que leurs acides en C²⁰ = et C²² = sont peu dessaturés.

La famille des *Salmonidés* se caractérise par une teneur relativement haute en acides en C²² = non saturés, une teneur nettement basse en acides en C¹⁶ = non saturés, enfin, une saturation anormale des acides en C²⁰ =.

La famille des *Physétérides* présente des acides gras généralement peu dessaturés, liés à de longues chaînes alcooliques. Certains *Elasmobranches* ont des glycérides dont les alcools sont spécialement longs; leurs acides sont tous mono-éthyléniques. Les *Delphinides* sont anormalement riches en acide iso-valérique. Enfin, le Thon n'a pas d'acide saturé en C¹⁴, une faible dose d'acide palmitoléique C¹⁶, enfin une teneur élevée d'acide palmitique C¹⁶ et stéarique C¹⁸.

Par ailleurs, *chaque organe présente des caractères qui lui sont propres.*

Comment expliquer les modifications des lipides en fonction du milieu ? — On peut penser à une influence alimentaire, à une influence de la salinité, à une influence de la richesse en oxygène de ce même milieu, enfin à une influence de la température. Les actions alimentaires et thermiques seront étudiées ici. Les autres sont encore trop mal connues pour que nous puissions exposer à leur sujet des faits suffisamment précis; nous nous contenterons de les avoir indiquées.

On peut résolument, semble-t-il, affirmer une certaine *influence de l'alimentation*. En effet, des mammifères aquatiques tels que les cétacés qui se nourrissent de poissons et d'éléments du plankton ont un type d'acides gras très différent de celui des mammifères terrestres.

De même, certains oiseaux qui se nourrissent uniquement de poissons ont un type d'acides gras, lui aussi essentiellement marin. Les truites marines ont

un type lipidique d'eau salée, alors que les truites d'eau douce, pourtant de la même espèce, ont un type lipidique d'eau douce.

Acides saturés :

	C 14	C 16	C 18
Truites marines	2,2	17	4
Truites d'eau douce...	3,1	19	4,5

Acides non saturés :

	C 14	C 16	C 18	C 20	C 22	C 24
Truites marines	0,1	0,8	26,3	19,7	19	2,5
Truites d'eau douce...	0,4	11,5	38,3	15	8,2	

Cependant, cette influence alimentaire, si elle existe indubitablement, n'est pas l'unique facteur. En effet, les éléments du plankton animal ont un type marin unique, mais les éléments du plankton végétal ont un type d'eau douce, même en milieu marin, ainsi que nous l'avons vu précédemment.

Attribuer la constitution des acides gras des animaux marins à une influence alimentaire, c'est repousser le problème jusqu'aux crustacés, peut-être au delà, dans l'espèce animale, mais ce n'est pas le résoudre. Même en acceptant cette hypothèse, il reste à expliquer comment les animaux inférieurs construisent des graisses du type marin en partant des graisses végétales qui sont du type d'eau douce. Enfin, l'influence alimentaire est sans doute différente selon la valeur de l'apport en graisse. Avec un régime pauvre en graisse (1,1 %), Lovern a montré que les dépôts graisseux des poissons n'étaient pas modifiés, au contraire, avec un régime riche en graisse (20,7 %), les modifications du dépôt sont appréciables. Les lipides

ingérés se retrouvent, bien qu'ayant subi des modifications de saturations.

Le même auteur montre que chez l'anguille, nourrie d'esters éthyliques, d'acide myristique, d'acide palmitique et de divers acides dessaturés d'anguille, on note seulement une augmentation des palmitides. L'ensemble des dépôts graisseux est, par ailleurs, très peu modifié.

Lovern, enfin, nourrit des carpes, avec un régime composé de lipides végétaux très différents de ceux de ce poisson. Les carpes cependant gardent leur formule lipidique habituelle.

Herbes	alimen	-	C ¹²	C ¹⁴	C ¹⁶	C ¹⁸	C ²⁰	C ¹⁴	C ¹⁶	C ¹⁸	C ²⁰
taires			2	1	9	3	14	2	12	25	32
			7	1	11	7	10	2	15	27	20
Carpes			0	1,5	13,6	2,5	1,15	6,7	64	10,2	

Donc l'alimentation peut contribuer à affirmer le type lipidique, elle n'est pas sa déterminante principale.

b) *Les acides gras des phosphatides.*

Terroine, Hatterer et Rœhrig nous ont donné une bonne étude en 1930 des acides gras des phosphatides. La variabilité des indices d'iode des phosphatides d'un même tissu d'une espèce à l'autre, est chez les poissons, beaucoup plus grande que chez les homéothermes.

c) *L'état de saturation des acides gras.* — Nous avons vu précédemment, que les glycérides des poissons, sont riches en acides non-saturés. Les phosphatides en contiennent aussi.

Des variations individuelles se rencontrent, cependant et nous avons vu des familles dont les acides gras sont particulièrement saturés. Ils correspondent généralement à une grande richesse en alcool à chaîne longue. Lovern se demande, d'après ces observations, s'il n'existe pas pour chaque espèce un état d'oxydo-réduction qui fixe le rapport des acides saturés aux acides non-saturés.

Chez le Thon, la saturation est plus élevée dans les divers tissus que chez les animaux qui lui servent de nourriture. (Il convient de noter que cet animal présente une température de 3° plus élevée que celle du milieu ambiant).

Terroine et ses collaborateurs ont donné un certain nombre d'indices d'iode des acides gras totaux et des acides gras des phosphatides de poissons.

Les acides gras des phosphatides ont des indices d'iode de 188 pour le muscle de la Raie, de 189 pour le muscle de hareng, de 208 pour les œufs de hareng et de 175 pour le muscle de cabillaud. Les indices d'iode des acides gras totaux sont de 149 chez le muscle de la Raie, 127 chez le hareng et 168 pour les œufs de hareng.

Il semble que le facteur qui régit ces variations d'oxydo-réduction des acides gras soit essentiellement le *facteur thermique*.

Nous voyons, en effet, que l'indice d'iode des acides gras des Phosphatides des Poïkilothermes est toujours supérieur à ce qu'il est dans les productions correspondantes des Homéothermes, ainsi que le montre ce tableau dû à Terroine.

Homéothermes	145	133	103
Raie	188	170	—
Hareng	189	—	208
Cabillaud	172	—	—
Brochet	—	—	163

En soumettant des anguilles à une augmentation de température de 9°, pendant six mois, on note une augmentation très discrète de la saturation de leurs acides gras.

Quant à l'organe où se réalise cette modification de saturation, il semble difficile de le définir exactement. Il ne paraît pas que le foie, qui chez les Homéothermes, joue un rôle important sur la désaturation des lipides, ait chez les poissons une pareille fonction. En effet, Lovern a montré qu'il n'y a pas une prédominance des acides éthyléniques dans le foie d'esturgeon. Parfois même, la saturation est plus élevée au niveau du foie.

Mottram étudie des poissons nourris par des moules dont les graisses ont un indice d'iode de 197. Les graisses des poissons ont les indices d'iode suivants :

Muscle : 208 et Foie : 171.

Il y a donc saturation au niveau du foie.

Cet organe constitue chez les poissons un véritable centre de dépôts, centre peu actif. Certains Elasmobranches du genre *Centrophorus* ont dans leur foie jusqu'à 90 % d'huile (Tsujimoto).

V. — Synthèse des lipides

La possibilité, pour le poisson de synthétiser les graisses, nous est largement démontrée par l'originalité des lipides de certaines espèces.

VI. — Le catabolisme des acides gras

Le catabolisme des acides gras est encore très imparfaitement connu. On pense en général qu'il est semblable à celui des autres vertébrés.

Ce catabolisme se réalise dans divers organes. Roger, Binet et Verne apportent des preuves histologiques d'une action particulièrement intense au niveau des branchies.

VII. — Les influences hormonales. Rôle des glandes génitales

Les influences génitales sont au premier plan. Myloroy, en 1906, dans une étude des muscles et des glandes génitales du Hareng, montre que pendant les mois qui précèdent le moment où les glandes commencent à grossir, on observe une rapide augmentation dans le pourcentage des graisses musculaires, puis ces réserves disparaissent et le pourcentage le plus bas est observé lorsque l'animal a frayé.

Cette observation est confirmée par Jonston Bruce, en 1924, qui montre en outre qu'à tout moment de la vie sexuelle la teneur en lipides des muscles du Hareng augmente avec l'âge. Channon apporte des mensurations plus complexes. L'indice d'iode des ovaires gagne son maximum avant le fray. Ils passent, en effet, de 137 à 200. L'indice d'iode des autres tissus, cependant, reste constant.

Fage et Legendre ont montré que la sardine de nos côtes contient alors qu'elle est immature, 3 % de

graisses, puis elle a des variations de 5 à 15 %. Le même phénomène est retrouvé chez le sprat (Clark et Amy), chez le thon (Dill).

Boucher Firly donne aussi pour le congre les renseignements suivants :

Le congre, pendant une grande partie de son existence, accumule dans tous ses tissus des réserves de graisses considérables, réparties inégalement dans le muscle, le foie et les organes génitaux. La teneur en corps gras totaux du sang de congre est peu élevée et chez des animaux à jeun depuis plusieurs jours au moment des dosages, elle ne varie guère que de 0,50 à 0,64 pendant le développement de l'animal. L'Insaponifiable représente environ la moitié des corps gras totaux. La teneur en corps gras totaux du muscle est faible, mais elle augmente régulièrement au cours du développement génital et passe environ de 0,60 à 2 %. Dans le foie et les organes génitaux, l'augmentation de la teneur en corps gras pendant le développement de la vie génitale est beaucoup plus importante. La teneur en corps gras totaux du foie passe de 3 à 17 %, celle des organes génitaux de 0,82 à 36,5 %. La teneur en insaponifiable varie dans le même sens mais à un degré beaucoup moindre. Au moment où les organes génitaux atteignent 3 % du poids de l'animal, les graisses s'accumulent surtout dans ces organes. L'examen histologique montre alors un ovaire contenant de nombreux œufs de petit volume, disséminés dans un véritable tissu graisseux périovulaire. On trouve, par exemple, les teneurs en lipides suivantes :

Sang	1,24 %	Foie	12,89 %
Muscle	3,08 %	Organes génitaux .	70 %

De nouvelles transformations surviennent alors avec changement complet de la vie du congre. Celui-ci qui, jusque-là, s'était montré très vorace, ne mange plus. Son tube digestif s'atrophie, son foie subit une dégénérescence presque totale. D'après Tuzet et Harent, il y aurait une dégénérescence amyloïde de la rate et du foie. Les organes génitaux subissent d'importantes transformations. Les ovules augmentent considérablement de volume aux dépens de tout le tissu périovulaire qui disparaît. Tous les corps gras du congre, même ceux des ovaires, semblent concourir à l'élaboration de ces ovules dont le poids global atteint 30 % du poids de l'animal.

Chez un congre, très près de la maturité sexuelle, Bouchet-Firly a trouvé des corps gras totaux très faibles dans le muscle : 1 %, relativement faibles dans les organes génitaux : 16 %, augmentés dans le foie qui est, peut-être, le lieu de la transformation : 33,17 %, augmentés dans le sang qui sert à leur transport : 1,39%. L'insaponifiable varie dans le même sens.

VIII. — Influence des migrations sur l'évolution des graisses

Les migrations jouent en imposant des milieux nouveaux. En voici un exemple qui montre la souplesse d'adaptation de certaines espèces.

Les caractères spécifiques du Saumon sont les suivants, d'après Lowern :

- a) Une faible teneur en acides non-saturés en C¹⁶;
- b) Une teneur anormalement élevée en acides non-saturés C²²;
- c) Une dessaturation marquée, en acides en C²⁰.

Les œufs ont des caractères spécifiques, encore que par bien des côtés, ils s'éloignent des graisses maternelles. Leurs acides gras se caractérisent par un haut degré d'insaturation pour les acides en C²⁰ et C²², comme chez le Saumon. Pendant leur évolution, ils marquent une chute des acides en C¹⁴ C¹⁶ et C²⁰ et s'écartent du type spécifique.

Après la naissance, l'alevin a un type fluvial.

Le tacon marque une transformation profonde. Les caractères spécifiques sont nettement indiqués.

Enfin, chez la femelle adulte, on note seulement, par rapport au tacon, une adaptation à la vie marine.

B. — LES ALCOOLS ET LES CAROTENOIDES

Comme chez la plupart des vertébrés, le glycérol domine, mais on trouve à côté de lui : des alcools à chaîne longue que nous aurons à décrire, du Cholestérol et enfin, des produits d'oxydation d'un car-

bure d'hydrogène ; les Caroténoïdes, parfois alcools, toujours cétones que, pour des commodités didactiques, nous étudierons dans ce chapitre.

1° *L'alcool à longue chaîne*, le mieux étudié chez les poissons est l'alcool oléylique ($C^{18}H^{36}O$).

L'alcool oléylique est un liquide légèrement jaune, de densité 0,8.527, son point de fusion étant de 2° ou 3°. C'est un alcool non-saturé, qui possède un indice d'iode de 92. Toyama l'a trouvé en 1922 dans l'huile d'un squal, le *Chlamydoselluchus anguinens* (Garman), dernier représentant d'une famille qui disparaît.

On trouve encore divers glycols dans l'huile des Sélatiens. On a décrit le Glycol batylique, saturé ($C^{20}H^{42}O^3$), solide et peu soluble dans l'acétone, et le Glycol selachique non-saturé ($C^{20}H^{40}O^3$), liquide très soluble dans l'acétone. Ces alcools ont été trouvés d'abord, par Tsujimoto, en collaboration avec Ioshiyuki Toyama, dans le foie de l'*Hexanchus Corinus*, puis ils ont été retrouvés chez d'autres Sélaciens faisant partie des trois principaux embranchements. On peut citer :

Chez les Squales : *Hexanchus corinus*, *Cirrhigaleus barbi-fer*, *Somniosus microcephalus*, *Lepidorhinus kimbei*, *Zameus squamulosus*, *Scymnorhinus licha*, *Centroscyllum ritteri*, *Heptranchias deani*, *Galeocерdo ligrinus*, *Centrophorus* (non déterminé).

Chez les Raies : *Narcacion tokionis*.

Chez les Chimères : *Chimoera Owstoni*.

Il faut encore citer l'alcool chimylique $C^{19}H^{40}O^3$ découvert dans le foie d'une Chimère du Japon. Enfin dans l'huile de foie de certains élasmobranches,

des alcools non saturés découverts par Toyama et de formule $C^{25}H^{42}O^3$.

2° *Le Cholestérol*. — Nous savons que la Perche contient 1 gr. 23 de Cholestérol par kilog. d'animal et la Tanche 1 gr. 22 (Terroine). Ces chiffres sont voisins de ceux trouvés chez les autres vertébrés.

Il semble que l'organisme du poisson puisse faire la synthèse du cholestérol. Chez le hareng, le cholestérol augmente dans les glandes génitales, alors que l'alimentation n'en apporte pas. Au même moment, la dose de cholestérol du muscle ne change pas, celle du foie et du mésentère diminue, mais dans une proportion insuffisante pour justifier l'augmentation ovarienne.

3° *Les Caroténoïdes* de la peau de poisson ont été particulièrement bien étudiées.

Citons les observations spectroscopiques de Merefkowsky, Max Munn et Lonnverg et les études chimiques de Lederer et Sørensen. On isole de la peau du poisson un certain nombre de pigments Caroténoïdes. Le principal est l'Astacine ($C^{40}H^{50}O^4$). Il contient quatre groupements C O et onze liaisons éthylniques. Son spectre d'absorption, dans le sulfure de carbone donne une bande à 5.500 Å°, et une autre à 4.500 Å°. On trouve encore de la taraxanthine ($C^{40}H^{56}O^4$) qui possède trois groupements alcool, et dix liaisons éthylniques. Elles possèdent deux bandes d'absorption, l'une à 5.010 Å°, l'autre à 4.690 Å°. La pectenoxantine ($C^{40}H^{54}O^0$) qui possède deux groupements alcool, un groupement cétone, et onze liaisons éthylniques. Elle présente deux bandes, l'une à

5.180 A°, l'autre à 4.830 A°. L'échinénone (C⁴⁰H⁵⁶O) qui possède un groupement cétone. Elle a deux bandes, une à 5.200 A°, l'autre à 4.880 A°. On trouve enfin des xanthophiles qui sont des caroténoïdes alcool à 40 atomes de carbone dont la formule est encore mal précisée.

Tous ces caroténoïdes ont été trouvés chez de nombreux poissons. En 1936, Lederer a trouvé des Esters de l'astacine dans une Dorade (*Geryx hexadactylus*) et dans un poisson rouge (*Carassius auratus*). Sørensen a montré que le pigment de la chair du Saumon est lui aussi de l'astacine. Summer et Fox, ont décelé chez deux poissons : *Fundulus parvipinnis* et *Hypsypops rubicunda* des xanthophiles qui semblent être de la taraxanthine. En 1936, Lederer, étudiant quelques poissons provenant de la région de Lénin-grad (*Sébastes marinus*, *Perca fluviatilis*, *Esox lucius* et *Lota lota*) retrouve encore de l'astacine et de la taraxanthine. En outre, des ovaires de l'*Eleginus alvaga*, il isole trois xanthophiles.

En 1938, Lederer, dans sa thèse de Sciences résume ces connaissances. Il semble bien que les poissons puissent faire la synthèse des caroténoïdes. L'originalité de leurs molécules de caroténoïde en est la meilleure preuve. Cette synthèse part sans doute du carotène.

CHAPITRE II

LES CARBURES D'HYDROGENE

On trouve chez certains Sélatiens deux carbures d'hydrogène : le squalène et l'isooctodécane. Chez tous les poissons on trouve du carotène et de la vitamine A. Nous les étudierons à part.

I. — LE SQUALENE OU SPINACENE

Le squalène ou spinacène est un alcool saturé en $C^{30}H^{50}$. L'histoire de sa découverte est curieuse et mérite d'être rapportée.

Un pharmacien de Nice, M. Marcellet, en 1913, étudia des huiles de poissons recueillis lors d'une croisière d'étude du prince de Monaco. Il s'étonna de leur richesse en insaponifiable, publia une note à ce sujet mais, par suite de la mobilisation, interrompit ses recherches. En 1916, une firme portugaise expédia en Angleterre des huiles de poissons, les experts anglais les refusèrent, les trouvant trop riches en insaponifiable. La maison portugaise demanda une contre-expertise qui fut confiée à un chimiste allemand, Hugo Mastbaum.

Celui-ci conclut comme le chimiste anglais à des huiles frauduleuses, contenant un excès d'insaponifiable. La firme portugaise ne se tint pas pour battue, elle invita le contre-expert allemand à assister à l'extraction des huiles et à les analyser ensuite. Ce qui fut fait. Mastbaum retrouva cependant dans ces huiles un insaponifiable anormalement élevé, et publia une note à ce sujet.

Au même moment, toujours en 1916, Tsujimoto, au Japon, découvrit dans l'huile de Squalé un carbure en $C^{18}H^{38}$, qu'il appela Squalène. En 1917, Chapman, en Angleterre, étudia les huiles analysées par Mastbaum et en isola un carbure qui semble bien être du Squalène, mais qu'il appela Spinacène.

Karrer a fait la synthèse du Squalène et nous a donné sa formule développée. C'est un carbure fortement dessaturé dont l'indice d'iode est de 388. On en a trouvé des quantités importantes dans le foie d'un grand nombre de Squalidés.

Squalus Mitsukurii qui en a 84,8 %, *Lepidorhinus foliaceus*, *Deania eglantina*, 58,3 %, *Centrophorus atromarginatus*, *Zameus squamulosus*, 27,6 %, *Centrophorus Acus*, *Lipidorhinus Kimbéi*, *Centroscyllium Ritteri*, 13,5 %, *Centroscymnus Owstoni*, 21,3 %, *Cirrhigaleus barbifer*, *Etmopterus frontimaculatus*, *Centrophorus granulosus*, *Scymnus lichia*...

Dans la Fam. des Scylliorhinidés : *Pristiurus pilosus* en a 79,4 %. Dans la Fam. des Chlamydosélachydés : *Chlamydoselachus angineus*, 7,1 %. Dans la Fam. des Dalatidés : *Dalatias licha*, 29,9 %. Dans la Fam. des Cetorhinidés : *Cetorhinus maximus*, 26,0 %. Dans la Fam. des Carchariidés : *Carcharias owstoni*, 61,1 %. *Echinorhinus brucus*, 53,0 %. *Carcharias ferox*, 35,0 %.

II. — L'ISO-OCTODECANE OU PRISTANE

L'isooctodécane ou Pristane ($C_{18}H_{38}$) a été isolé pour la première fois, par Tsujimoto, dans le foie d'un requin géant *Cétorhinus maximus*. Il semble présent en très petite quantité (0,5 à 1 %) à côté du squalène. C'est un liquide incolore, à odeur de terpène, il donne une masse cristalline blanche à -75° .

Ainsi chez les squalidés, il semble que les lipides puissent se réduire en carbures d'hydrogène. Ceux-ci constituent sans doute une forme de réserve, en dépôt dans le foie. Ils repassent, par oxydation au moment venu sous la forme de lipides plus utilisables. Ces carbures n'existent que chez les squalé.

CHAPITRE III

LES VITAMINES A

I. — HISTORIQUE

En 1914, Osborne et Mendel ont montré la présence de la vitamine A dans l'huile de foie de morue. Si on ajoute quelques gouttes de cette huile au régime privé de vitamines A on voit disparaître les troubles généraux ou locaux provoqués par l'emploi de ces régimes.

D'autres huiles de poissons ont été exploitées et se sont montrées, elles aussi, riches en vitamines.

II. — LES DIVERSES VITAMINES A

On a récemment dissocié cette vitamine en deux autres : une vitamine A_1 et une vitamine A_2 .

La vitamine A_1 présente une absorption dans l'ultra-violet à 3.280 A° . Le produit de sa réaction de Carr et Price, a un spectre entre 3.800 et 6.200 A° .

La vitamine A_2 , a une absorption dans l'ultra-violet à 3.500 A° . Le produit de sa réaction de Carr et Price absorbe entre 3.200 et 3.500 A° .

Karrer a montré que la formule de la vitamine A provient, par coupure de celle du Carotène. D'après Gillain, Heilbron et Lederer, les deux vitamines diffèrent par leur chaîne latérale. La vitamine A₁ aurait dans sa chaîne latérale quatre liaisons éthyléniques, la vitamine A₂ en aurait cinq.

III. — ORIGINE

Drummont et Zilva trouvent que le phytoplankton les diatomés en particulier (Nitzchi Clostérium) sont capables de faire la synthèse de la vitamine A. Le phytoplankton la passe au zooplankton. On la retrouve chez les Copépodes, les Mollusques, les larves de Décapodes et, en particulier, chez un petit poisson, le « Capelan ». Ceux-ci la passent aux autres poissons et aux morues en particulier.

Il est cependant probable que les poissons peuvent réaliser, dans une certaine mesure, la synthèse de la vitamine A. Tout d'abord, à partir du carotène, Morton et Creed ont placé deux lots de perches (*Perca fluviatilis*), l'un dans un bassin contenant des larves d'insectes, l'autre, dans un bassin contenant ces mêmes larves, avec, en plus, du carotène. Le lot ayant ingéré du carotène est beaucoup plus riche en Vitamine A₁ et en Vitamine A₂.

Peut-être aussi, font-ils de la Vitamine à partir d'autres pigments. Walter et Drummond remarquent que les œufs de truite brune ont un pigment voisin, mais non semblable au carotène, probablement de l'astacine. Or, dans ces œufs, on voit qu'au fur et à

mesure que diminue ce pigment, la Vitamine augmente, il y a donc probablement passage de l'un à l'autre. Cependant Zilva et Drummond trouvent une grande richesse en Vitamine A dans les glandes génitales de la truite. Coward et Drummond montrent que les œufs de la truite sont d'abord très riches en Vitamine A, celle-ci, va diminuant au fur et à mesure que se développe l'embryon. Si on s'arrange pour qu'aucun apport ne soit fait, on voit des anomalies dans la croissance de l'alevin. On observe fréquemment des décès, il semble donc, que la nourriture soit la voie d'apport indispensable de la Vitamine A. C'est aussi l'opinion de Coward et Drummond, de Hjort, de Jameson Drummond, et Coward, Drummond et Zilva.

IV. — CYCLE DE LA VITAMINE A. TENEUR DES DIVERS POISSONS.

Le cycle de la Vitamine chez le poisson est encore imparfaitement connu. Lovern, Mead et Morton ont montré que la Vitamine A est estérifiée par sa fonction alcool dans l'intestin du flétan dans une proportion de 95 %. On la retrouve dans la paroi intestinale, au niveau du foie et aussi dans les glandes génitales.

Lovern a donné les proportions suivantes dans le foie et l'intestin de l'esturgeon :

Foie d'esturgeon : huile, 1 kg. 47. Vitamine A, 1 % de l'huile.
Intestin d'esturgeon : huile, 29 gr. 3. Vitamine A, 10 % de l'huile.

Le foie contient :

L'intestin contient :

Ester de Vitamine A ₁ : 30 gr.	Ester de Vitamine A ₁ : 6 gr.
Ester de Vitamine A ₂ : 7 gr.	Ester de Vitamine A ₂ : 0 gr. 50

Le rapport A_1/A_2 est plus élevé dans l'intestin que dans le foie.

Dans le foie de *Squalus Acanthias*, on a peu de Vitamine A. De même dans l'intestin de ce requin.

Molteno et Rapson, étudiant le Saumon, ont montré que la Vitamine A varie en proportion directe avec la teneur en graisse et en proportion indirecte avec l'indice d'iode de ces graisses. Ils pensent que la Vitamine A joue un rôle dans le métabolisme des lipides. Rappelons qu'étudiant ce rôle possible de la Vitamine A chez les Mammifères, Mlle Emerique n'a pas trouvé de gros arguments en sa faveur. Pendant les troubles d'avitaminose, les lipides ne sont touchés que tardivement.

La teneur en Vitamine A a été étudiée dans les huiles de différents poissons.

Dans l'huile de foie de morue, des moyennes établies par Chabré montrent que la teneur est de 614 unités par gramme pour les huiles de provenance étrangère et de 1.060 unités par gramme pour les huiles de provenance française.

Les huiles de Terre-Neuve sont plus riches que les huiles norvégiennes. Les huiles d'Islande ont une richesse presque aussi grande que celles de Terre-Neuve. On voit le rôle important joué par le milieu dans lequel vivent les poissons.

Les huiles de *Clupea Sprattus* contiennent de 12 à 64 unités par gramme suivant le point où la pêche a été effectuée et suivant le mois pendant lequel l'animal fut pêché.

Les huiles de Harreng (*Clupea harrengus*) contiennent de 5 à 10 unités par gramme d'huile.

CHAPITRE IV

VITAMINE D

On admet généralement le schéma suivant :

Ergostérol irradié	=	Vitamine D ₂ .
Déhydrocholestérol	—	= Vitamine D ₃ .
Déhydro-ergostérol	—	= Vitamine D ₄ .

I. — HISTORIQUE

Dès 1936, Euder et Reigh, notent des différences importantes entre la Vitamine D₂ obtenue par irradiation de l'ergostérol et la Vitamine D naturelle, extraite de l'huile de foie de morue. En outre la Vitamine D du foie est estérifiée par l'anhydride phtalique. La Vitamine D₃ ne l'est pas.

II. — PROPRIETES

En 1938, Brockmann et Busse montrent qu'il y a identité entre la Vitamine D₃ et la Vitamine D extraite du foie de thon. Cette opinion repose sur les arguments suivants :

— Comme la Vitamine D₃, la Vitamine de thon cristallise en aiguilles incolores dont le point de fusion est de 82-84°.

— La Vitamine D₃ mélangée à la Vitamine de thon ne change pas de point de fusion.

— De même que la Vitamine D₃, la formule brute de la Vitamine est C²⁷H⁴⁴O.

— Le pouvoir rotatoire de la Vitamine du thon est le même que celui de la Vitamine D₃.

— L'efficacité de la Vitamine D naturelle sur le rachitisme du rat est de 40.000 unités internationales au Mgr. de même que celle de la Vitamine D₃.

— La Vitamine D₃ donne avec le produit d'irradiation de l'isodéhydro-cholestérine (correspondant à la Vitamine D₃) un produit d'addition cristallisé de point de fusion de 121°. De même la Vitamine de thon donne avec ce corps un même composé d'addition de même point de fusion.

— La courbe d'extinction de la Vitamine cristallisée du thon se superpose entièrement à celle de la Vitamine D₃.

Les coefficients d'extinction moléculaire dans l'hexane et l'éther pour les différentes Vitamines D sont les suivants :

Vitamine D ₂	1,82 × 10 ⁴	Vitamine D ₄	1,87 × 10 ⁴
Vitamine D ₂	1,92 × 10 ⁴	Vitamine du thon.	1,93 × 10 ⁴

On voit que les coefficients d'extinction moléculaire de la Vitamine du thon et de la Vitamine D₃ sont très rapprochés.

Ces diverses propriétés prouvent l'identité de la Vitamine D₃ et de la Vitamine de thon. Elles ne permettent pas, cependant, d'affirmer que leurs chaînes latérales ont une même structure. Pour démontrer ce fait, les auteurs ont procédé à la transformation de la Vitamine de thon en cétone. Ils ont obtenu la même cétone qu'avec la Vitamine D₃ et dans les mêmes proportions.

Reigh, dès 1935, affirmait l'identité des différentes Vitamines D provenant de la morue, du gade, du chien de mer, du brosme, du requin, du flétan, du maquereau, de l'éperlan et du thon, en se basant sur l'identité d'activité antirachitique, sur la similitude des maximum d'absorption dans l'ultra-violet, sur le fait que leur degré d'estérification, dans la pyridine,

est de 100 %, et, enfin, sur l'observation que l'anhydride maléique est sans effet sur ces préparations de vitamines. Dès lors, on peut penser que toutes ces Vitamines naturelles sont identiques à la Vitamine D₃ et que la Vitamine du foie de poisson est le même produit que celui que l'on obtient en irradiant, non l'ergostérol, mais, la 7 déhydrocholestérine.

Cependant Brockmann admet qu'il existe aussi des Vitamines D₂ à côté de la Vitamine D₃. Il en donne la raison suivante :

En comparant les points de fusion des Vitamines libres et des esters de la Vitamine de l'huile de foie de thon avec les points de fusion de la Vitamine D₃ libre et des esters correspondants, il constate que l'huile de foie de thon contient un produit vitaminé secondaire, abaissant le point de fusion des esters, mais augmentant celui des Vitamines libres et que ce produit peut être éliminé par cristallisation fractionnée. Il pense que ce produit n'est autre que la Vitamine D₂.

Pour s'en assurer, il fait des mélanges de Vitamine D₃ et de Vitamine D₂ dans la proportion de 10 % de Vitamine D₂, puis des mélanges d'esters de Vitamines D₃ et des esters correspondants de Vitamine D₂ dans la même proportion. Il constate alors que les points de fusion de ces mélanges sont sensiblement les mêmes que ceux de l'huile de foie de thon.

La destruction ozonique de la molécule de la Vitamine de l'huile de foie de thon le confirme dans cette opinion. Par ozonisation, la chaîne latérale de la Vitamine D₂ donne une méthylisopropylacétaldéhyde reconnaissable à son odeur. Il traite la Vitamine d'huile de foie de thon par l'ozone et il obtient de la méthylisopropylacétaldéhyde qui ne peut provenir que de la chaîne latérale de la Vitamine, car il ne peut y avoir d'ergostérol du fait du traitement à la digitonine en cours d'expérience.

III. — TENEURS EN VITAMINES

Différents auteurs se sont appliqués à doser la teneur en Vitamine D des différentes huiles de poissons.

Bills et Mac Donald ont étudié plus de cent espèces. Elles dépassent souvent, en richesse vitaminique, celle de l'huile de foie de morue. Les chiffres les plus bas ont été trouvés chez les poissons à os mous tels que l'Esturgeon.

IV. — ORIGINE DES VITAMINES D

Au sujet de l'origine des vitamines antirachitiques, on ne sait rien de sûr. Hess, Bills, Weinstock et Imboden ont montré que la morue est incapable d'augmenter la vitamine D de son foie après qu'elle a reçu de l'ergostérol par injection intramusculaire ou par ingestion.

Cependant, si la naissance d'une vitamine D dans le poisson par transformation photochimique ou par quelque moyen chimique paraît peu probable, on doit bien admettre que la vitamine provient de la nourriture.

Drummond et Gunther étudient le plankton et montrent que la vitamine D est absente du phytoplankton et présente dans le zooplankton. Ils suggèrent qu'elle apparaît chez ces animaux par irradiation à la surface de l'eau après ingestion des phytoplankton.

Belloc montre qu'après saponification des huiles extraites, celles des Copépodes sont directement antirachitiques alors que celles des Cténophores réclament une irradiation pour devenir antirachitiques.

Copping, reprenant cette étude, montre que les Copépodes, sans constituer une source considérable de

vitamines D, représentent cependant une nourriture suffisamment riche, pour expliquer la teneur en vitamine D des morues.

Pour Brockmann (1938), il paraît probable que la Vitamine D du zooplankton et de l'algue « Sargassum » provient de la transformation photochimique d'une provitamine. Du plankton et des algues, elle se transmettrait aux animaux qui servent de nourriture aux poissons. Elle arriverait ainsi dans le foie de ces derniers. Suivant cette hypothèse, les différentes teneurs en Vitamine D₂ de l'huile de foie de thon proviendrait, plutôt de la composition de la nourriture des poissons que de leur espèce.

CHAPITRE V

LE CYCLE DES GLUCIDES

A. — LA DIGESTION DES GLUCIDES

Maurice Lefèvre, en autopsiant des poissons et en analysant leur contenu intestinal, est frappé par l'aspect de certaines algues paraissant avoir traversé sans dommage le tube digestif des poissons et semblant encore vivantes. Il fait deux séries d'essais, les uns avec des excréments de *Cyprinus Carpio* et de *Gardonnus Rutilans*, les autres avec ceux de *Bramabrama*.

De ces observations, il ressort que c'est dans le groupe des *Protococcales* qu'on trouve le plus grand nombre d'espèces échappant à l'action des sucs intestinaux des poissons. Puis, viennent les *Flagellés*, les *Cyanophycées*, les *Dinoflagellés* et les *Volvocales*. Les *Dismidiées* semblent plus particulièrement attaquables, ainsi que plusieurs *Volvocales* (*Volvox*, *Eudorina*) et certaines *Cyanophytes* coloniales (*Goniphosphaeria*). En outre, il est probable que les espèces indigestes pour certains poissons ne le sont pas pour d'autres.

B. — LA MISE EN RESERVE HEPATIQUE

On trouve dans le foie des poissons des quantités de glycogène qui semblent variables (de 0,57 % à 1,24 %) suivant le moment de la vie génitale. Elles augmentent pendant la période immature et diminuent au moment du fraie.

1° L'évolution du glycogène hépatique semble fixé par la série d'expériences suivantes :

— Shart, en 1935, montre que si on abandonne le foie de poisson à une glycogénolyse spontanée à 0°, on note :

a) une chute du glycogène d'abord très rapide puis plus lente ;

b) une augmentation du sucre libre ;

c) une augmentation de l'acide lactique. Pour 4 gr. 50 de glycogène, on obtient 0,14 d'acide lactique et 1 gr. 43 de sucre libre, en moyenne.

d) Si on fait la somme (sucre libre + glycogène) dans le foie à un moment quelconque de la glycogénolyse et si on enlève cette somme du chiffre trouvé pour les glucides totaux du foie, à aucun moment, il n'y a égalité. Les glucides totaux sont toujours les plus forts. La différence croît, puis, lorsqu'il n'y a plus de glycogène, elle décroît rapidement. On pense que cette différence correspond à un corps intermédiaire qui se forme par destruction du glycogène et qui est probablement un hexose-phosphate. Il se détruit à son tour pour fournir du glucose.

Pour 2 gr. 66 de glycogène au départ, au moment où le glycogène est entièrement utilisé, on a jusqu'à 1 gr. 75 de ce corps intermédiaire.

Donc, dans le foie du poisson, la glycogénolyse se produit probablement par l'intermédiaire des hexoses-phosphates comme dans le muscle. Elle donne naissance cependant, à du glucose et l'évolution en reste là, sauf pour une infime fraction qui évolue jusqu'au stade acide lactique. Tout ce travail est bien anaérobie car l'addition d'oxygène ou d'azote ne modifie en rien ces réactions. (Des phénomènes semblables ont été signalés chez les mammifères). Si on refroidit à $-1^{\circ}5$, ces phénomènes de glycogénolyse s'atténuent, puis à -6° , pratiquement s'arrêtent.

Notons que l'auteur appelle glucides totaux le glucose dosé après hydrolyse par $\text{SO}_4\text{H}^2/\text{N}$ suivie d'une défécation des protéines par le sulfate de mercure.

Le dosage du glucose est vérifié par une fermentation (Méthode de West, Scharles et Peterson : 1929).

2° La nature chimique du glycogène a été étudiée par Bell et Young.

Bell et Young choisissent plusieurs critères : Rotation spécifique, pouvoir réducteur, teneur en cendres, coloration avec l'iode, pouvoir polarimétrique et rapidité d'hydrolyse par l'eau acide. Ils utilisent, par ailleurs, différents types d'animaux :

— *Gadus morrhua*, *Gadus aeglefinus*, *Gadus merlangus*, ils comparent leur glycogène à celui obtenu depuis des lapins alimentés ou inanitiés ou des rats..

Ils purifient le glycogène au moyen de l'acide acétique. Quelle que soit l'origine de glycogène les propriétés sont sensiblement les mêmes. (Quelques petites différences notées dans le pouvoir réducteur peuvent être dues à des erreurs d'expérience.)

Pour les poissons : le pouvoir rotatoire est de + 196, le pouvoir réducteur de 0,35, la teneur en cendres de 0,127 %.

3° Les doses moyennes de glycogène et d'acide lactique dans le tissu frais du foie de poisson sont les suivantes :

Glycogène : 0,94 %, 0,23 %, 1,24 %, 0,12 %, 0,57 %, 1,70 %.	Ac. lactique : 0,031 %, 0,02 %, 0,02 %, 0,015 %, 0,015 %, 0,02 %, 0,02 %.
---	---

Les teneurs en sucre libre dans le foie sont de : 0,24, 0,45, 0,45, 0,56, 0,60.

C. — CATABOLISME AU NIVEAU DU MUSCLE

Divers points sont étudiés.

a) Si l'on prend des précautions convenables pendant qu'on enlève les muscles de *Gadus aeglefinus*, ces derniers contiennent immédiatement après leur extraction de 0,4 % à 0,6 % de glycogène et 0,08 % d'acide lactique.

Si l'on met le muscle dans la glace, le glycogène disparaît très vite, pendant les trois premières heures, puis plus lentement, atteignant une valeur de 1/10^e de la quantité initiale en 24 heures.

L'acide lactique atteint un maximum entre 36 et 40 heures. On a alors une dose de 0,16 à 0,17 % d'acide lactique.

On voit que le glycogène disparaît plus vite que l'acide lactique n'apparaît. Par ailleurs on ne retrouve sous forme d'acide lactique que les deux tiers du glycogène disparu. Il y a donc un corps intermédiaire. (Ce corps n'est pas de la dextrine, car il n'y a pas de variation dans les sucres extraits par l'alcool).

En outre, Sharp montre que dans le muscle de poisson, le taux de la disparition du glycogène et le taux d'accumulation de l'acide lactique décroissent avec la température de 15° à 0°.

2° Un certain nombre d'auteurs s'efforcent de retrouver et de doser les corps réalisant la phosphorylation : Phosphagène, acide adénosine-triphosphorique ou acide adénylique.

— Hunter trouve dans le muscle de fortes doses de phosphagène.

— Irving et Wells étudient cinq espèces de poissons d'eau douce et deux espèces de poissons d'eau

salée. Ils concluent qu'on ne constate pas de phosphagène dans le muscle de poisson.

— Eggleton trouve des quantités relativement faibles de phosphagène dans deux poissons sur cinq étudiés.

— White trouve, de son côté, du phosphagène dans deux espèces de Morue. De même, il en trouve dans le muscle caudal du Requin.

Les conclusions si différentes de ces chimistes s'expliquent en partie par les méthodes employées et en partie par les conditions auxquelles sont soumis les poissons en cours des expériences.

Ainsi, chez les poissons pêchés à la ligne, la rigidité cadavérique se produit très lentement, tandis que ces mêmes poissons pris à la traîne ont vite atteint le maximum de rigidité comme en font foi les travaux de Loehm, Mac Léod et Simpson.

D'autre part, les poissons peuvent être gardés vivants quelques heures ou dépecés de suite. Dans le premier cas, le poisson reste à jeun plus ou moins longtemps et peut subir des transformations. Dans le second cas, on conserve les muscles dans la glace, ce qui provoque la dégradation du phosphagène.

Tenant compte de ces observations, Kernot a entrepris de doser le phosphore-labile ou phosphore du phosphagène dans le muscle du poisson.

Il opère sur des poissons d'eau douce qu'il a plus facilement sous la main et qu'il est plus aisé de conserver vivants. Il prend six espèces différentes quant à leur structure et leurs mœurs. Il retire les poissons d'un vivier avec un petit filet. Il les transporte dans un vase, jusqu'au lieu de l'expérience. Il les garde vingt-quatre heures vivants, puis il les assomme et les découpe aussitôt. De la chair, il fait deux parts :

l'une contenant les muscles depuis l'opercule à l'anus ;
l'autre, les muscles en arrière de l'anus.

Dans un premier essai, Kernot opère en présence d'acide trichloracétique. Les chiffres, en mgr. de phosphore-labile, pour 100 gr. de musculature, sont donnés dans le tableau suivant, pour quatre espèces de poissons :

	muscle de tête			Muscle caudal		
<i>Salmo fario</i>	8	25	14	7	17	17
<i>Leuciscus orfe</i>	8	18	17	11	18	19
<i>Perca fluviatilis</i>	16	12	23	11	16	14
<i>Tinca vulgaris</i>	13	39	17	24	27	11

Ces chiffres ne diffèrent pas sensiblement de ceux de White qui trouva dans le muscle caudal du requin de 6 à 37 mgr. de phosphore-labile pour 100 gr. de muscle.

Si toutefois ces chiffres sont un peu différents, la cause en est dans la destruction du phosphore créatinique, soit par la glace, soit par la trituration du tissu. Telle est, du moins, l'avis de Ferdmann, qui pense que l'on peut éviter la destruction du phosphagène en triturant le tissu en milieu alcalin.

Kernot a employé, à son tour, cette méthode.

Il a obtenu en mgr. pour cent grs de muscle :

	muscle de tête			Muscle caudal		
<i>Salmo fario</i>	70	70	68	10	13	9
<i>Leuciscus orfe</i>	77	77	72	8,1	10	22
<i>Perca fluviatilis</i>	72	73	65	15	18	17
<i>Tinca vulgaris</i>	65	71	69	26	20	20,4
<i>Gardonus</i>	77	78	79	10	—	16
<i>Gardonus</i>	79	—	—	16	15	—

En 1929, Zagami a mesuré le phosphagène dans le muscle de poisson. Ce corps est isolé par la méthode d'Eggleton, et son phosphore dosé par la méthode de Briggs. Les résultats obtenus par l'auteur sont les suivants :

a) Les poissons qui se livrent à des migrations ont plus de phosphagène dans leurs muscles que ceux qui sont sédentaires et, par conséquent, utilisent moins leur musculature.

b) Il y a plus de phosphagène dans le muscle de la partie caudale que dans les muscles de la portion craniale. Or, on sait que la locomotion chez le poisson se fait avec la queue. Leurs muscles de la portion caudale sont donc plus développés.

c) Les muscles rouges ont moins de phosphagène que les muscles blancs. Or, on sait que les muscles blancs donnent des contractions plus rapides que les muscles rouges.

Par exemple, *Clupea pilchardus* a dans le muscle de la portion caudale 0,057 de phosphagène pour 100 de muscle blanc et 0,008 de phosphagène pour 100 de muscle rouge.

d) Un Sélacien, *Scyllium canicula*, étudié par les auteurs, n'avait que 0,008 de phosphagène pour 100 gr. de muscle dans sa portion caudale et 0,004 pour 100 dans sa portion craniale.

Ces chiffres sont sensiblement plus bas que ceux trouvés chez les Téléostéens.

En conclusion, le muscle du poisson possède d'autant plus de phosphagène qu'il est plus actif.

A cette étude, nous joindrons celle de la créatine du muscle du poisson.

Hunter a analysé 15 espèces de poissons. Il a observé de grosses variations individuelles qui permettent néanmoins de distinguer les caractères des espèces, mais on ne peut passer à une classification des ordres. Il n'y a pas de distinction possible entre les Téléostéens et les Elasmobranches, si ce n'est que les Elasmobranches ont une concentration plus basse en créatine dans le cœur que les Téléostéens.

En général, les muscles du squelette des poissons

contiennent plus de créatine que ceux des mammifères. Par contre, les Mammifères ont une plus forte concentration en créatine dans le cœur et les testicules. Les deux analyses effectuées sur les cerveaux de Sélaciens indiquent une teneur égale à celle des cerveaux des Mammifères. Chez les poissons comme chez les mammifères et les oiseaux, les muscles rouges contiennent moins de créatine que les muscles pâles et les muscles du fœtus, moins que ceux de l'adulte.

Voici les différentes teneurs en mgr. de créatine pour 100 gr. de muscle du squelette, du cœur et des testicules :

Genre et espèce	Muscle du squelette mg.	Cœur mg.	Testicules mg.
<i>Squalus Sucklii</i>	546	63	137
<i>Raia binoculata</i>	486	97	169
<i>Hydrolagus Collici</i>	545		152
<i>Clupea pallasii</i>	743	214	
<i>Onchorynchus Risutch</i>	630	189	117
<i>Phanerodon furcatus</i>	653		
<i>Tœniatoca lateralis</i>	622		
<i>Sebastodes maliger</i>	531		
<i>Sebastodes ruberrimus</i>	494		105
<i>Hexagrammos superciliosus</i> .	615		
<i>Ophiodon elongatus</i>	523	131	133
<i>Scorpaenichtys marmoratus</i> .	609		139

D'une façon plus générale, de ses études sur les différentes formes de phosphore rencontrées dans le muscle de poisson, Kernot donne les résultats suivants :

	Extrait trichloracétique	Extrait de borate de soude
P. labile	9,5- 10,7	12-12
P. labile anorganique	87,7- 85	85-83
P. total hydrolysable	109 -107	135
P. tot. hydr. p. le réact. molybdique.	112	118

3° Enfin on a étudié le pH musculaire.

Benson emploie la méthode électrométrique chez *Gadus aeglefinus*, un muscle fatigué est acide au moment de la mort $\text{pH} = 6.85$.

La détermination du pH sur une morue au repos montre une réaction alcaline. Elle change tout de suite après la mort et devient semblable à celle du muscle ayant fourni un effort. Le pH initial oscille entre 7.10 et 7.30. Dans ce cas, il descend vers 6.5. Le pH du muscle de Haeke est alcalin. Il le reste 5 heures après la mort.

Toutes ces valeurs sont approximativement celles qu'a trouvées Furataura, pour le Chat et les Invertébrés.

D. — LE SUCRE DU SANG

Le taux du sucre dans le sang des poissons paraît être sous la dépendance de l'activité de ces vertébrés. Telle est, du moins, l'opinion qui semble ressortir des travaux de Mac Léod en 1926, de Gray en 1929, enfin de Gray et de Hall en 1930. Les poissons qui montrent la plus grande activité, ceux qui cherchent leur nourriture en surface ou qui l'acquièrent par des agressions brutales sont aussi les poissons qui ont la plus haute teneur en sucre.

Parmi les poissons actifs, citons, dans la famille des Scombridés, de *Pneumatophorus Colias* qui a une glycémie de 0,9 ‰; le *Scomber scombrus* a 0,64 ‰, le *Sarda* à 0,55 ‰; dans la famille des Cupéidés, le *Brevoortia tyrannus* a 0,75 ‰; dans la famille des Stromatéidés, le *Poronotus triacanthus* a 0,79 ‰; dans la famille des centrolophidés, le *Palinurichthys perciformis* a 0,67 ‰; parmi les anguillidés, *Anguilla rostrata* a 0,59 ‰; dans la famille des Sparidés, *Stenotonus chrysops* a 0,53 ‰; enfin dans la famille des Merlucidés, *Merluccius bilinearis* a

0,48 ‰. Par contre, les poissons paresseux qui vont au fond de la mer ont peu de sucre dans leur sang. C'est ainsi que dans la famille des Triglides, *Prionotus carolinus* a 0,37 ‰; dans la famille des Pleuronectidés, *Iophopsetta maculata* a 0,31 ‰; dans la famille des Labridés, *Tautoglabrus adoperus* a 0,25 ‰; chez les Tetraodontidés, *Sphéroïdes maculatus* a 0,23 ‰; chez les Batrachoïdés, *Opsanus tau* a 0,15 ‰; enfin chez les Lophiidés, *Lophius piscatorius* n'a que 0,5 ‰.

Le choc à l'insuline peut cependant être facilement réalisé chez les poissons actifs alors qu'il n'est pas obtenu chez les poissons paresseux. La chute de la glycémie est d'ailleurs beaucoup plus rapide chez les premiers que chez les seconds. C'est ainsi que *Scomber scombrus*, le maquereau commun, les symptômes de choc apparaissent entre 1 et 4 heures après l'injection. Ces symptômes sont marqués par des convulsions. La glycémie qui était à 0,63 ‰ tombe alors à 0,09 ‰. Au contraire, chez *Opsanus tau* on n'observe aucun choc et cependant la glycémie qui est de 0,15 tombe à 0,015. L'abaissement est donc sensiblement le même, mais dans un cas, le métabolisme plus grand du poisson déclenche des accidents de choc.

E. — LES REGULATEURS DU CYCLE DES GLUCIDES

Plusieurs points de vue sont à envisager :

1° *Au point de vue anatomique* : Pique, étudiant en 1913 la constitution histologique du pancréas d'un cyclostome, la lamproie, montre qu'il se compose de deux portions. L'une antérieure ou craniale, conglomerée légèrement dans une échancrure du foie, c'est le pancréas intrahépatique, l'autre postérieure ou

caudale est dissociée en lobules épars dans les plis de la muqueuse intestinale, c'est le pancréas disséminé. Rien ne rappelle histologiquement les îlots de langerhans mais, cependant, ces groupes cellulaires n'ont pas de canaux excréteurs et déversent leurs produits dans le sang.

Le pancréas des Sélaciens a une conformation voisine de celui des Mammifères. C'est une glande mixte fournissant à la fois une sécrétion interne et une sécrétion externe. Le pancréas des Téléostéens est étudié dès 1873 par Legouis. Il montre qu'il s'agit d'une nappe glandulaire étalée dans le mésentère, c'est un pancréas diffus déversant ses produits dans l'intestin par de fins canaux, les canaux de Weber. Exceptionnellement, la glande est massive chez le congre ou l'anguille, par exemple.

2° Diamare et Kubliako étudient les enzymes des îlots et celles du pancréas des poissons.

Ils montrent que l'on trouve du ferment amylolytique dans les cellules du pancréas des poissons tandis que ce même ferment fait complètement défaut dans les îlots des poissons.

Quant au saccharose, il n'est interverti par aucun des deux extraits d'îlot isolé ou de pancréas.

3° Jorpes montre que la constitution chimique des îlots est différente de celle des acinis. Cet auteur montre que :

a) Les îlots de langerhans isolés d'un pancréas de *Lophius piscatorius* ne contenant pas d'acini de la sécrétion externe donnent une dose de phosphore nucléinique de 1,03 % de la substance sèche (mesuré par la méthode de Pregl-Lieb).

b) Chez les Sélaciens (*Squalus acanthias*, *Raia erinacea*, *raia diaphanea*, requin), le pancréas mixte comme chez les Mammifères donne une dose de phosphore nucléinique de 1,54 % de la substance sèche.

c) Chez les *Lophius*, le tissu périglandulaire uniquement acineux est réservé à la sécrétion externe, le phosphore nucléinique est de 1,01 % de la substance sèche.

Il semble donc que le phosphore nucléique des îlots soit moins élevé que celui des glandes mixtes des Sélaciens. En outre, les doses de pentoses sont plus élevées dans les acini que dans les îlots.

a) chez les Sélaciens (mixte)	2.25
b) dans la capsule acineuse du <i>Lophius</i> (rars acinis) ..	1.30
c) dans les îlots de <i>Lophius</i>	0.87

Donc, les nucléoprotéides sont surtout liés à la sécrétion externe. L'auteur pense qu'ils jouent le rôle de tampon, car cette sécrétion est, on le sait, très basique.

On doit rapprocher ce fait de l'observation que, chez le chien, la ligature du Wirsung qui arrête la sécrétion externe diminue considérablement aussi la teneur en nucléoprotéides.

4° L'ablation du pancréas chez le poisson produit des troubles du type diabétique.

a) Capparelli a dépancraté des anguilles, pendant leur survie qui fut de 7 à 12 jours, quelques-unes ont présenté de la glycosurie.

b) Hedon a noté un résultat analogue.

5° L'action des extraits de pancréas de poissons semble être la suivante :

Les réponses intéressent surtout le pancréas de Téléostéens. Chez ces poissons, on sait que le tissu insulaire est plus spécialement individualisé. Les expériences réalisées sont les suivantes :

a) Rennie et Fraser font ingérer à des diabétiques et même leur injectent des extraits crus ou bouillis de tissu insulaire pur. Les résultats sont médiocres.

b) MacLeod fait un extrait alcoolique de pancréas de poissons. Il filtre l'alcool, l'évapore ensuite, dégraisse le résidu par l'éther et reprend par l'eau physiologique. Il obtient une activité variable d'ailleurs sur la glycémie des lapins selon les poissons utilisés. Travaillant sur des pancréas d'Elasmobranches (*Squalus acanthias*) avec les méthodes mises au point pour l'extraction de l'insuline, il obtient un produit ayant une activité d'une unité lapin pour 4 grammes de pancréas. Travaillant au contraire sur des îlots principaux de Téléostéens, il obtint des produits beaucoup plus actifs : 10 unités lapin par gramme de tissu frais. Ces expériences utilisent les pancréas de *Myoxocephalus scorpius*, *Lophius piscatorius*.

c) Mac Cormick et Noble extraient l'insuline de certains Téléostéens : *Gadus callarius*, *Hyppoglossus hypoglossus*. Ils pratiquent une extraction par l'alcool acide, puis ils purifient par la méthode de Dudley. Ils ont ainsi des rendements oscillant entre 11 et 22 unités lapin par gramme de pancréas. Le haddock donne 28 unités, le merlan 35 unités.

d) Dudley traite les îlots principaux de *Gadus Morrhua*. Il obtient des rendements de 10 à 12 unités lapin par gramme de tissu.

e) Vincent Dodds et Dicken obtiennent avec *Lophius piscatorius* et *Myoxocephalus bulbosus* des résultats semblables à ceux de MacLeod.

6° L'action de l'insuline sur les poissons paraît être la suivante :

a) Houssay et Rietti n'obtiennent que des résultats constants.

b) Mann, Bollmann et Magath expérimentant sur *Liposteus platostomus*, observent de l'hypoglycémie, des signes d'excitations et des troubles de l'équilibre.

c) Olmsted a étudié l'action de l'insuline sur *Ameiurus nebulosus*. Pour 4 unités cliniques, l'animal s'agite, pré-

sente parfois de véritables convulsions avec des mouvements désordonnés des nageoires et une rotation du corps sur lui-même. L'apparition des symptômes ne se produit qu'au bout de 50 heures si la température est à 20°, au bout de 15 heures, si la température est à 25°.

d) Collip a observé des réactions hypoglycémiques avec symptômes nerveux 24 à 48 heures après l'injection d'insuline.

e) Roof, Hall et Gray montrent que l'injection massive d'insuline (40 unités par kgrs) chez *Stenotomus chrysops* à jeûn déclenche :

- une hyperglycémie transitoire par mobilisation des réserves de glycogène;

- une hypoglycémie durable par épuisement de la réserve hépatique en glycogène;

- une chute dans la concentration du glycogène hépatique;

- une augmentation du glycogène musculaire.

Ces observations conduisent vers une conception des modalités d'action de l'insuline.

Il faut noter, en outre, que Collip n'a pas observé d'action sur la consommation en oxygène.

Au total nous pouvons conclure que le pancréas de poissons contient des îlots de Langerhans qui sécrètent de l'insuline.

Cette insuline agit comme chez le Mammifère sur le catabolisme des glucides.

Cependant au fur et à mesure que l'on descend dans l'échelle des animaux on rencontre une plus grande résistance à l'activité de l'insuline. Les poissons se placent tout naturellement dans le rang que leur impose la classification entre les invertébrés et les batraciens.

F. — LES PHENOMENES ELECTRIQUES

Au point de vue embryologique, les organes producteurs d'électricité des poissons paraissent avoir deux origines différentes :

Les uns, par exemple, ceux des torpilles et des raies, proviennent d'une modification d'un tissu musculaire primitif.

Les autres, ceux des Malaptérures, par exemple, proviennent d'une modification d'un tissu glandulaire.

Cette double origine explique des différences chimiques bien marquées. Alors que, les premiers dont l'origine embryologique est musculaire, présentent un chimisme en tous points semblable à celui du muscle, les autres ont un chimisme différent et encore à peu près inconnu dans ses détails. Voici d'ailleurs ce que nous savons à ce sujet.

1° Chez Torpédo. Dans deux revues très documentées, l'une de Kisch en 1930, l'autre de Baldwin en 1933, se trouvent résumés les principaux travaux connus sur ce sujet.

A cette époque, on avait décelé de façon nette, dans l'appareil électrique, du glycogène, de la créatine et de la phosphocréatine.

En 1937, Baldwin a donné une étude nouvelle sur l'appareil électrique des Torpilles. Il rapporte, tout d'abord, un tableau qui donne certains points de la composition des appareils électriques de la torpille, d'après Needham. En outre, ce tableau rapporte, pour permettre la comparaison, les mêmes indications au sujet des muscles de rats d'après Cori, et des muscles de grenouille d'après Eggleton.

Phosphore % du phosphore total :

	Organe électrique de Torpedo	Muscle de Grenouille	Rat
Phosphore anorganique + Phos- phore du phosphagène.....	61	62	62
Phosphore du pyrophosphate...	22	22	22
Acide adénylique-phosphorique.	11	11	11
Ester phosphorique	5	4	5

Baldwin a employé deux femelles de *Torpedo marmorata*. Il a fait un extrait des organes électriques et a montré les différents points suivants :

On peut réaliser *in vitro* :

a) La transposition du groupement phosphoré depuis l'acide phosphoglycérique jusque sur l'acide adénylique, ceci en présence de magnésium. Il en résulte l'acide adénosine-triphosphorique comme avec un extrait musculaire.

b) La créatine se transforme en phosphocréatine aux dépens de l'adénylpyrophosphate en présence de l'extrait musculaire.

c) Le groupement phosphoré de l'acide phosphoglycérique peut-être transféré sur la créatine en présence obligatoire d'acide adénylique et d'extrait d'appareil électrique. Donc, dans tous ces cas, les organes électriques de torpille se comportent chimiquement comme des muscles.

2° Chez *Raia clavata*

Baldwin a donné les résultats suivants :

Les enzymes contenues dans les organes électriques de *Raia clavata* sont capables de catalyser les réactions suivantes :

— transformation d'acide phosphoglycérique en acide phosphopyruvique;

— acide phosphopyruvique + acide adénylique $\rightarrow$ adénylpyrophosphate + acide pyruvique;

— adénylpyrophosphate + créatine $\rightarrow$ acide adénylique + acide créatine-phosphorique;

— adénylpyrophosphate $\rightarrow$ acide adénylique + acide phosphorique.

Les enzymes concernant les trois premières réactions sont solubles dans l'eau et précipitables par l'acétone qui sert à les purifier.

L'enzyme, qui catalyse la quatrième réaction est détruite par l'acétone.

Les enzymes paraissent chez Raia aussi actives que chez Torpedo, mais leur extraction montre qu'elles s'y trouvent en quantité beaucoup moins grande. Histologiquement, ceci correspond à un plus grand développement du tissu conjonctif chez Raia. Cette conclusion est aussi celle d'Ewart (1892).

3° Chez *Malapterurus electricus*,

Baldwin et Needham, en 1938, étudient par la méthode manométrique l'action des extraits d'organes électriques du *Malapterurus* sur les hexoses-diphosphates et le glucose en présence d'adénylpyrophosphate et de magnésium. Ils ne trouvent aucune formation d'acide lactique et d'une façon plus générale aucun fait qui leur permette de mettre en évidence des phénomènes de glycolyse. Ils en concluent que si l'énergie utilisée pour les phénomènes électriques par *Malapterurus* provient du catabolisme des glucides, celui-ci ne doit pas s'accompagner de phosphorylation.

Cette évolution des glucides sans phosphorylation préalable a été signalée par Needham et Lehmann en 1937, dans le tissu embryonnaire.

4° La décharge semble être sous la dépendance d'un centre nerveux situé en avant du quatrième ventricule et appelé « lobe électrique ». Les nerfs qui abordent l'organe électrique sont, d'après Branca, extrêmement nombreux. Ils détachent des fibres qui s'implantent à la façon de clous dans la zone corticale de la lamelle. La substance électrique, d'après Mlle Marnay, correspond, pour ainsi dire, à des plaques motrices pures. Mlle Marnay a recherché le pouvoir d'hydrolyse des organes électriques sur l'acétylcholine (le médiateur neurochimique).

Elle a montré que 100 mgr. de cet organe peuvent hydrolyser, en une heure, environ 150 mgr. d'acétylcholine. C'est une vitesse près de 1.000 fois plus élevée que dans le muscle de grenouille dépourvu de terminaisons nerveuses (partie aneurale du couturier) qui n'hydrolyse que 0,15 mgr. d'acétylcholine. C'est encore une hydrolyse 10 à 15 fois plus rapide que dans la substance grise de la moelle du chien à 37°, hydrolyse rapportée au même poids de tissu et au même temps. Voici, à titre d'exemple, la quantité d'acétylcholine hydrolysée en une heure par 100 mgr. de l'organe électrique d'une même torpille : 158,5 mgr., 148,5 mgr., 151,5 mgr., Moyenne, 153 mgr.

CHAPITRE VI

LES PROTIDES

I. — CONSTITUTION DES PROTEIDES DU MUSCLE

Elles ont fait l'objet d'une étude de Rosedale en 1929. Il a employé, dans ses recherches, la méthode de Van Slyke et, dans quelques cas, la méthode de Kossel.

Les valeurs trouvées pour les muscles de poissons paraissent plus élevées que celles obtenues pour les muscles de Mammifères et cette différence est due à l'N — histidine.

Voici les résultats obtenus par la méthode de Kossel :

Pourcentage d'azote total				
		Polynemus tetradactylus	Caranx rottileri	Thynnichtys
Histidine	- N	4	3	1
Arginine	- N	10	9	11
Lysine	- N	6	8	2

Les résultats obtenus au moyen de la méthode de Van Slycke sont les suivants :

	Fraction Diaminée					Fraction Monoaminée		
	Amide	Humine	N-total	N-Amino	Arginine	N-Lysine	N total	N-amino Total
<i>Lufianus roseus</i>	8	1	31	23	16	2	65	62 105
<i>Polynemus tetradactylus</i>	7	1	28	22	14	5.5	62	60 98
— indicus	8	2	27	18	12.5	7	63	54 100
<i>Raja clavata</i> foie.....	10	2	30	19	12	3	60	58 102
<i>Caranx rottleri</i> muscle	8	1	28	16	12	5	62	56 99
— — peau.....	6	12	20	11	9	4	64	61 102
<i>Thynnus</i>	9	1	26	20	10	5	67	61 103
<i>Thynnichtys twatow</i>	7	1	27	17	12	6	63	61 98
— Song-Hu	6	1	29	16	12	7	67	60 103
— beads twatow ...	7	2	24	18	14	2	66	60 99

Osborne a étudié lui aussi les produits d'hydrolyse des muscles de poissons, en particulier d'*Hypoglossus vulgaris*. En voici les résultats :

Glycocolle : 0.00; valine : 0.79; leucine : 10.33; proline : 3.17; phénylalanine : 3.04; acide aspartique : 2.73; acide glutaminique : 10.13; tyrosine : 2.39; arginine : 6.34; histidine : 2.55; lysine : 7.45; ammoniacque : 1.33; tryptophane : présence. Soit un total de 50.25 %.

II. — LES PROTEIDES DU SANG

La constitution azotée du sang des poissons a été étudiée par W. Denis.

Chez les Elasmobranches, il a trouvé les résultats suivants, exprimés en gr. pour 1.000 cc. de sang :

N non protéique : 10; N uréique : 8; N aminé : 0,28; créatinine : 0,06; créatine 0,25; acide urique : 0,01,1.

Chez les Téléostéens :

N non protéique : 0,65; N uréique : 0,09; N aminé : 0,28; créatine : 0,01; créatinine : 0,06; acide urique : 0,04.

Le chien a dix fois plus d'acides aminés dans ses muscles que dans son sang. Chez le poisson, au contraire, la teneur est à peu près égale dans les muscles et dans le sang.

Denis a également trouvé de petites quantités d'urée dans le sang de *Lophius piscatorius*, et de grandes quantités d'ammoniacque. Il trouve aussi une petite quantité d'acide urique, ce qui est en contradiction avec les résultats de Baglioni. Celui-ci a trouvé de grandes quantités d'acide urique dans le sang de *Lophius*.

Voici d'ailleurs les résultats que Denis a obtenus en dosant les corps azotés du sang de divers poissons; les chiffres étant exprimés en mgr. pour 100 gr. de sang.

	Azote non protéique	Urée	Ammoniaque	Acide urique	Créatine + Créatinine
Mustellis canis	1000	800	1.4	0	4.0
Carcharias littoralis.	1160	1000	2.5	0	4.0
Raia erinacea	1100	868	1.6	0	3.1
Pommalobrus pseudo- rengus	54	10	5.5	1.1	11.0
Poronotus triacanthus	50	9	5.1	1.4	16.0
Scomber scombrus..	86	10	3.8	1.1	7.5
Cynoscion regalis ..	66	20	1.0	0.7	6.0
Brevoortia tyrannus.	47	10	3.3	1.0	6.0
Paralichthys dentatus	46	8	1.1	0.8	5.0
Alosa sapidissima...	90	16		1.1	
Sarda sarda	90	17	3.8	1.0	
Lophius piscatorius.	40	8	3.6	0.9	5.0
Anguilla crysypa ...	50	9	2.8	0.6	10.6

III. — LES PROTEINES DU SERUM

On doit successivement étudier plusieurs aspects de la question.

1° *Teneur du sérum en protéines.* — Fontaine et Boucher-Firly ont étudié la teneur en protéines du sérum des poissons. Le sang était prélevé par des procédés variables suivant les espèces, soit par l'introduction d'une canule dans l'artère branchiale (pour le congre par exemple), soit par incision du cœur mis à nu (labre), soit enfin par l'incision de l'artère caudale (raie).

Les auteurs précipitent d'abord les protéines par un mélange à volume égal d'alcool et d'acétone. Le précipité est recueilli sur un filtre taré. Ils lavent le précipité à l'alcool et ils le sèchent à l'étuve jusqu'à poids constant. Ils le pèsent alors. Voici les résultats de leurs expériences :

Sur les poissons d'eau douce :	moyenne ‰
<i>Cyprinus carpio</i>	31.7
<i>Tinca vulgaris</i>	29
<i>Esox lucius</i>	45.2
<i>Anguilla vulgaris</i>	70

Poissons marins :	moyenne ‰
1° <i>Téléostéens.</i>	
<i>Labrus bergilta</i>	25.85
<i>Scorpaena porcus</i>	25.25
<i>Cadus luscus</i>	25
<i>Conger vulgaris</i>	44.50
<i>Anguilla vulgaris</i>	55.80

2° <i>Sélaciens.</i>	
<i>Scylliorhinus canicula</i>	28
<i>Scyllium catulus</i>	28
<i>Raia</i>	34

On observe des différences très marquées chez une même espèce. Ces différences tiennent soit à l'état de nutrition de l'animal, soit plutôt à son développement génital.

On note aussi l'absence de différences sensibles entre les poissons dulçaquicoles et les poissons marins d'une part, entre les Téléostéens et les Sélaciens, d'autre part. Par contre, aussi bien en eau douce qu'en eau de mer, les poissons qui présentent la teneur en protéine la plus élevée sont les Téléostéens apodes, anguille et congre. Il est possible que cette teneur élevée en protéines du sérum soit en relation avec le pouvoir hémolytique de celui-ci.

En 1906 Nolf a déterminé la teneur en albumine et globuline du sérum d'un sélacien, *Scyllium catulus* et

d'un téléostéen, *Lophius piscatorius*. Il a constaté que le taux des protéines totales se trouve, en général, bien inférieur à celui que l'on trouve chez les Vertébrés supérieurs et que le taux de la sérine est beaucoup plus faible que celui de la globuline.

2° *Dosage séparé des sérines et des globulines.*

Demenier, en 1934, a dosé séparément la sérine et la globuline chez des poissons provenant de la station biologique d'Arcachon. D'une manière générale le taux de la sérine est faible par rapport à celui de la globuline et le rapport S/G est inférieur à 0,5. Toutefois on relève une exception pour le sérum de *Scyllium catulus* où le rapport atteint 1,22.

Le rapport albumine/globuline a été également étudié par Lepkovsky chez *Squalus acanthias* et chez deux téléostéens, *Scorpenichtys marmoratus* et *Lophius piscatorius*. La principale portion de globuline est représentée par des pseudo-globulines. De tous ces poissons, c'est *Lophius piscatorius* qui a les plus basses protéines totales du sang et le *Scorpenichtys* qui a de beaucoup les plus hautes, de telle sorte que ces poissons qui ont en commun un rapport albumine/globuline très bas, diffèrent par la teneur en globuline totale. Le *Brevoortia tyrannus* est caractérisé par l'élévation extraordinaire de son rapport albumine/globuline. Les euglobulines sont basses chez tous les poissons étudiés et même, chez quelques *Brevoortia tyrannus*, absentes.

Il y a de plus grandes variations dans les protéines du sang des divers Téléostéens qu'entre les protéines des Téléostéens et celles des Elasmobranches.

3° *La variation des protéines du sérum des poissons au cours des changements de salinité a été étudiée par Boucher-Firly.*

L'auteur a montré que les anguilles transportées de l'eau douce dans l'eau de mer présentaient une diminution importante de la teneur en protéines du sérum. Chez les grosses anguilles argentées, par exemple, cette teneur qui est, en moyenne, de 65.580 gr. par litre d'eau douce, tombe à 40 gr. dans l'eau de mer. Cette diminution est progressive et demande plusieurs jours pour atteindre sa valeur maxima (de 8 à 10 jours). Inversement, une anguille conservée un mois dans l'eau de mer, puis remise dans l'eau douce et saignée au bout d'un mois, présente une teneur en protéines de 65 gr. au litre (teneur normale en eau douce).

L'auteur a cherché si cette relation entre la teneur en protéines du sérum et le degré de salinité du milieu extérieur se retrouvait chez le congre, téléostéen apode très voisin de l'anguille mais non adapté aux changements de salinité.

La diminution de la salinité qu'elle soit progressive ou brusque n'entraîne aucune variation de la teneur en protéines du sérum de congre. Pour se placer dans des conditions comparables, l'auteur a mis une anguille dans un mélange eau de mer-eau douce contenant 17 gr. de Cl Na par litre. Au bout de 8 jours, la teneur en protéines était de 45 gr., donc très nettement abaissée.

On constate donc que chez l'anguille, poisson euryhalin, une augmentation de la salinité du milieu extérieur entraîne une importante diminution de la teneur en protéines du sérum et inversement une diminution de la salinité entraîne une augmentation de la teneur en protéines qui revient à son taux normal en eau douce.

Il n'en est pas de même chez le congre poisson sténohalin. Une diminution de la salinité n'entraîne aucune variation de la teneur en protéines du sérum. Ces phénomènes amènent l'auteur à penser que les protéines doivent jouer un grand rôle dans les phénomènes d'adaptation aux changements de salinité.

De plus, Firly et Fontaine remarquent que les variations du rapport de la pression osmotique due au chlorure de sodium, à la pression osmotique totale, sont toujours en sens inverse des variations de la teneur en protéines.

4° Poids moléculaire.

Jean Roche, Yves Derrien et Maurice Fontaine ont étudié le poids moléculaire des albumines et des globulines sériques chez les sélaciens et les cyclostomes.

Leurs résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Sérum albumine	Poids moléculaire
Galeus canis (sélacien).....	70.400
Scylliorhinus stellaris (selacien)	65.500
Petromyzon marinus (cyclostome).....	56.800
Equus caballus	68.900
Sérumglobuline :	
Galeus canis	145.800
Scylliorhinus stellaris	213.000
Petromyzon marinus	34.000
Equus caballus	150.000

(Equus caballus (cheval) est un élément de comparaison.)

On voit donc que la sérumalbumine des deux sélaciens étudiés et celles des Vertébrés supérieurs ont le même poids moléculaire M, à savoir 68.000 environ.

Celle de *Petromyzon marinus* présente une valeur légèrement moindre, sans doute en raison de la présence de globuline dans les préparations.

Le poids moléculaire de la sérumglobuline (non fractionnée) est très voisin de 150.000 chez *Galeus canis* et les Vertébrés supérieurs; celui de la même protéine extraite de *Scylliorhinus stellaris* est du même ordre de grandeur bien que sensiblement plus élevé. La différence est sans doute attribuable à la prédominance dans le sérum des sélaciens de particules globuliniques de grande taille, celles-ci étant peu nombreuses dans les humeurs des vertébrés supérieurs. Par contre, le poids moléculaire de la sérumglobuline du *Petromyzon marinus* est égal à 34.000, valeur correspondant à 2 unités Svedberg.

Ces faits permettent de préciser que la fraction protéique de faible poids moléculaire mise en évidence par Svedberg et Anderson dans le sérum de lamproies est constituée par des globulines. Ils traduisent une différence entre les caractères de celles-ci et ceux des protéines du même type existant dans le sérum des autres vertébrés.

5° *L'étude physico-chimique des sérums* a été poursuivie *par la méthode cataphorétique* par Mme Drihlon et G. Florence. Le sérum des Téléostéens dulçaquicoles et des Téléostéens offrent de très grandes analogies. Ils montrent un seul point isoélectrique vers pH 6,5 ou pH 7. Par contre le sérum d'un sélacien s'est montré différent. Le point α s'est trouvé à pH 8,5 et le point β à pH 8,4.

IV. — L'UREOGENESE DEPUIS LES HOLOPROTEIDES

La distribution de l'arginase donne une indication sur le rôle des divers organes dans l'uréogénèse.

A. Hunter étudie la distribution de l'arginase chez les poissons. Il note la richesse exceptionnelle en arginase du foie, des reins et du cœur de squalus. Ce fait avait déjà été noté par Hunter et Dauphinée. Il semble que cette richesse soit commune à toute la classe des sélaciens.

En contraste avec les squalidés et les rajidés, les chimaeridés ont un foie pauvre en arginase; c'est le rein qui est le plus riche. Il en reste une certaine quantité dans le pancréas et des traces dans le cœur.

Parmi les Téléostéens, certaines familles seulement : les clupéidés, les salmonidés, les embiotocidés, ont de l'arginase dans le cœur; alors que chez les scorpidés, les hexagramidés, les cotidés et les pleuronectes, on ne trouve de l'arginase que dans le foie et les reins.

V. — L'UREOGENESE DEPUIS LES NUCLEOPROTEIDES

Il convient de distinguer les Sélaciens des Téléostéens, l'évolution des corps puriques ne se faisant pas de la même façon que ces deux embranchements.

1° *Les Sélaciens.* — Chez les Sélaciens la dose d'acide urique trouvée dans le sang est généralement très minime. C'est ainsi que Przylecki de Var-

sovie a montré que le sang de Raja contient une moyenne de 0,024 mgr. d'acide urique par litre de sang. Celui de Scyllium en contient 0,034.

Si l'on injecte 50 mgr. d'acide urique par kilog de poids à un Sélacien, l'acide urique de son sang augmente mais il revient à la normale rapidement, de 6 à 14 heures après l'injection. Les moyens d'élimination ou de transformation sont donc puissants.

Chez ces poissons, Fosse et Brunel ont montré qu'il se faisait une évolution vers l'urée en passant par deux intermédiaires : l'allantoïne et l'acide allantoïque. On aurait la succession suivante :

acide urique —→ allantoïne (réalisée par l'uricase),
allantoïne —→ acide allantoïque (réalisé par l'allantoïnase),

acide allantoïque —→ urée (réalisé par l'allantoïcase).

C'est « in vitro », en utilisant des extraits hépatiques et en étudiant leur action sur l'allantoïne, l'acide allantoïque, l'acide urique que Brunel a pu donner la démonstration de l'existence de ces diastases. Dans tous les cas il a obtenu de l'urée.

Le pH optimum de l'allantoïcase est à 7.

Le pH optimum du système allantoïnase-allantoïcase est à pH = 7,5-7,6.

Ces diastases paraissent assez spécifiques. L'allantoïnase, par exemple, n'a pas d'action sur la 3-méthyllallantoïne; de même l'allantoïcase n'a pas d'action sur l'acide uroxanique et sur l'acide homoallantoïque. Cependant l'acide 3-méthyllallantoïque est

scindé en urée, méthylurée et acide glyoxyllique par l'allantoïcase.

2° *Chez certains Téléostéens* on a trouvé des doses d'acide urique beaucoup plus élevées dans le sang. C'est ainsi que Przylecki a trouvé chez *Esox* une moyenne de 91 mgr. d'acide urique par litre de sang et chez *Cyprinus* 124 mgr. Chez ces poissons, une injection d'acide urique équivalente à celle pratiquée chez les Sélaciens n'aboutit à un retour à la normale qu'en 3 à 5 jours. Là encore, la dégradation semble se faire jusqu'à l'urée, car on trouve dans leur foie de l'uricase, de l'allantoïnase et de l'allantoïcase. Il en est ainsi pour *Cyprinus Carpio*, *Leuciscus rutilus*, *Leuciscus erythrophthalmus*, *Leuciscus vulgaris* qui sont tous des Cyprinidés, pour *Esox lucius* qui est un Esocidé, pour *Scomber scombrus* qui est un scombridé et pour *Merluccius vulgaris* qui est un Gadidé.

L'allantoïcase du foie de ces Téléostéens a un pH optimum à 7. Elle est capable d'hydrolyser l'acide allantoïque, l'allantoate d'éthyle et l'acide 3-méthylallantoïque.

Par contre, il y a toute une série d'autres Téléostéens qui possèdent de l'uricase, de l'allantoïnase, mais pas d'allantoïcase. Il est probable que la dégradation ne va pas jusqu'au stade urée. Elle s'arrête à l'acide allantoïque. Tels sont *Salmo fario* qui est un salmonidé, *Pleuronectes limanda*, *pleuronectes platessa*, *Solea vulgaris*, *Rhombus maximus*, *Rhombus laevis*, qui sont des Pleuronectidés; *Mullus barbatus* qui est un mullidé; *Zeus faber* qui est un Zéidé; *Gadus aeglefinus*, *merlangus vulgaris* qui sont des

buli. En outre un bon nombre de glomérules sont aveugles et non fonctionnels. Au total, on aurait un glomérule pour 1.000 tubuli. Il est intéressant de se demander ce qu'est l'urine d'un tel animal, car cette urine est purement tubulienne.

Denis a recueilli de l'urine dans la vessie de *Lophius* mort. C'est un liquide clair, inodore, à peu près incolore. Sa réaction est acide au tournesol. Elle ne renferme ni sucre ni albumine, ni acide urique, ni créatinine.

Marshall et Grafflin ont repris cette étude. Ils ont montré que l'urine diffère nettement du plasma sanguin. Malgré une injection de glucose de 1 gr. par kilog et aussi une injection de floridzine, on ne trouve dans les urines aucune trace de sucre. Ces reins dépourvus de glomérules ne peuvent donc pas sécréter du sucre. Ce fait se trouve encore vérifié pour *Opsanus tau* qui n'a pas de glomérules. Enfin, on ne peut pas non plus obtenir chez ces poissons, d'après Joliffe, Clarke et Smith, le passage de xylose dans l'urine, même lorsqu'on élève la concentration sanguine de ce sucre à 0,413 % au niveau du sang.

Tout porte donc à croire que ces sucres sont filtrés par les glomérules et l'on peut penser que la floridzine agit en inhibant au niveau des tubes, la réabsorption du glucose filtré par le glomérule.

Par contre, alors que l'on pense généralement que l'élimination de la créatinine se fait uniquement par le glomérule, on est obligé de noter que chez *Opsanus tau*, Marshall et Grafflin ont noté dans les urines des

chiffres élevés de créatinine. Elle serait dans certains cas concentrés jusqu'à 50 fois par le rein agglomérulaire de ce poisson. Peut-être s'agit-il ici d'une adaptation spéciale résultant de l'absence de glomérules.

CHAPITRE VII

LES VENINS

I. — GENERALITES

Nous serons bref, car nous n'examinerons ce sujet que du point de vue chimique.

La production de substances toxiques est très fréquente chez les poissons et se rencontre dans la plupart des groupes.

Le poison ainsi élaboré peut ne manifester ses qualités toxiques que s'il est introduit dans un autre organisme par piqure ou par inoculation et se montrer inoffensif par simple ingestion : c'est le cas pour les poissons venimeux.

Ou bien, il agit par ingestion, c'est-à-dire qu'il est absorbé par les parois gastro-intestinales avant d'être détruit; c'est le cas pour les poissons vénéneux. Ces derniers n'ont pas d'appareil pour inoculer la toxine, tandis que les poissons vénéneux sont en général vulnérants.

II. — PROPRIETES CHIMIQUES

A. Mosso a étudié le sérum d'anguille. Il donne le nom d'Ichthyoline ou ichthyotoxine à la substance vénéneuse du sérum; son frère, U. Mosso, en a établi les principales propriétés et la considère comme une sérine. Insoluble dans l'alcool, elle n'est préci-

pitée ni par un courant d'acide carbonique, ni par les sulfates de magnésie et d'ammoniaque. Les acides minéraux ou organiques la détruisent même à froid. Les alcalis lui font perdre son âcreté.

Le chauffage à 100 ou à 70° ou même simplement à 58° fait disparaître, dans une certaine mesure le pouvoir toxique du sérum d'anguille. D'après C. Buglia, l'ichthyoline serait simplement fixée sur le coagulum des substances albuminoïdes et on pourrait la libérer soit en broyant avec du sable ce coagulum, soit en le soumettant à la digestion tryptique. Elle serait très résistante à la chaleur pourvu qu'on la libère du coagulum albumineux qui la fixe.

Cependant Mlle Physalix estime que les propriétés toxiques et hémolytiques varient comme si elles étaient dues à des substances distinctes dont l'élaboration n'est pas influencée de la même manière par les mêmes causes.

Le principe actif de la Lamproie, *Petromyzon marinus*, serait, d'après Buffa, une toxalbumine pouvant être séparée par la chaleur. En portant à 54° le plasma du sang, on obtient un premier coagulum en petits flocons blancs; à la température de 60°, la coagulation se fait tout d'un coup et à 63° le produit filtré, laisse passer un liquide absolument inoffensif.

III. — MECANISME D'ACTION DES VENINS

Evans et Lond ont montré que le venin de *Trachinus draco* a des propriétés hémolytiques capables de dissoudre les globules rouges lavés de tous les sangs

en l'absence de sérum. L'addition du sérum du même animal augmente l'activité du venin. Le sérum chauffé pendant une heure à 62°C. voit son pouvoir activant diminué. Les doses minimales de venin peuvent être activées par le sérum d'un autre animal dans le cas de l'homme. Les globules semblent devenir plus susceptibles aux poisons. L'auteur conclut que le poison est un ambocepteur qui s'unit avec l'endocomplément des globules rouges.

Mlle Phisalix étudie le pouvoir hémolysant du venin de murène : 1 mgr. de venin est capable d'hémolyser 1 cc. d'une suspension à 1 % de globules rouges de cobaye en 30 minutes à la température de 40°.

Ces propriétés hémolysantes, comme les propriétés toxiques, résistent au chauffage à 75° pendant 15 minutes sans qu'il y ait nécessairement un rapport direct entre elles.

Delezenne, en 1897, étudiant le sérum d'anguille, croit que ce pouvoir est dû à la formation dans le foie du sujet inoculé d'une substance anticoagulante ou thrombase.

En effet, *in vitro*, le sérum d'anguille accélère la coagulation du sang de chien; mais si on le fait passer à travers le foie isolé, en l'injectant par la veine-porte et qu'on recueille par la veine sus-hépatique, on constate que le sérum a perdu son pouvoir coagulant *in vitro*.

Delezenne a montré que, toutefois, la présence de globules blancs est nécessaire au phénomène, car si l'on répète l'expérience précédente en lavant préalablement le foie à l'eau salée et en y faisant ensuite

passer un plasma lymphatique bien débarrassé de ses leucocytes et additionné de peptone, le liquide recueilli dans la veine sus-hépatique coagule d'ordinaire spontanément quelques minutes après son passage et accélère toujours la coagulation du sang in vitro.

Pour Hans Sachs, le sérum d'anguille serait une hémolysine directe. C'est aussi l'opinion de Noc : « La substance toxique du sérum d'anguille semble être simple. On n'a pu, jusqu'ici, la scinder en un anticorps et un complément. » De ces opinions, les expériences de Camus et Gley ont montré la réalité. Les résultats sur lesquels ils s'appuient pour démontrer l'unicité de l'hémolysine sont les suivantes :

Le sérum d'anguille qui hémolyse rapidement le sang du lapin agit aussi rapidement sur les globules lavés; l'hémolyse est indépendante du plasma sanguin.

Pour Buglia et Gley, dans le sérum de Lampreda Planeri, les hématies elles-mêmes seraient toxiques. Il y aurait dans le sang de lamproie deux substances toxiques : une contenue dans le plasma et les globules à laquelle on doit rapporter les symptômes généraux de l'intoxication, et une autre, à action anticoagulante contenue dans le plasma seul.

CHAPITRE VIII

LES PIGMENTS CUTANES

I. — LES PIGMENTS PURIQUES

Le pigment purique se présente chez les Vertébrés inférieurs sous un aspect remarquablement constant. Toujours formé de cristaux, il est contenu dans des cellules différenciées ayant la valeur de véritables chromatophores. Ces éléments, ou guanophores, sont localisés dans différents tissus (derme, péritoine, iris, etc...). et leur répartition à la surface du corps ou dans les régions profondes paraît soumise à des lois générales qui s'appliquent aux groupes zoologiques les plus éloignés par leur caractère anatomique et leur genre de vie. C'est ainsi que les guanophores sont, de façon constante, plus abondants à la face ventrale qu'à la face dorsale de l'animal.

1° *Historique.* — Barreswill en 1861, étudie le blanc d'ablette. Toutes les propriétés de cette matière sont identiques à celles de la guanine.

Voigt, en 1863, publie dans « *Susswasserfischer von Mittel-Europa* » une conclusion semblable à celle de Barreswill concernant la nature chimique

des pigments; il s'agit de guanine. Il étudie, en particulier des cristaux trouvés dans la vessie natatoire d'Argentina Sphyroena, produit employé à la fabrication des perles artificielles. En 1890, Kühne et Sowell publient un compte-rendu de leurs recherches sur les yeux des poissons et spécialement sur ceux d'Abramis brama. Dans l'épithélium de la rétine, ils trouvent des granules opaques constitués par de la pure guanine, mais par ailleurs, ils trouvent que le lustre brillant de l'iris argenté d'Abramis et des autres Téléostéens consiste en guanine combinée avec une base. Ils retrouvent le même composé dans le tapetum des Elasmobranches. Il y forme les granules appelées ophtalmolithes par Delle et Chiaje. La même année, Moreau affirme que l'essence d'Orient extraite de l'ablette est la substance blanche qui se trouve à la face interne des écailles et qui est formée de petits cristaux. Sowald et Krükenberg, en 1883, font un travail d'ensemble sur ce sujet. Ces observateurs montrent que chez les poissons, reptiles et amphibiens, la guanine est contenue dans la cellule du tissu conjonctif, dans quelques cas, sous forme de fins cristaux de guanine combinée avec une base (téléostéens, guanoïdes et cyclostomes). Dans d'autres cas, la guanine est pure, elle n'a pas de lustre métallique; elle est d'un blanc mat (peau des sélaciens). Chez les différents poissons étudiés, ces auteurs trouvent la guanine dans la peau, les écailles et le tissu conjonctif sous-cutané, le fascia musculaire, la vessie natatoire, la vésicule biliaire et le péritoine. Les auteurs notent différentes particularités dans la distribution

de la guanine pour les différentes espèces. La peau du ventre contient plus de guanine que la peau du dos mais dans *Solea platessa*, la surface sombre tournée contre le soleil est plus pauvre en cette substance que l'autre côté. Ils remarquent que le maquereau et *Caranx trachurus* font aussi exception à la règle; la partie externe de la peau dans les régions bleu-foncé est extrêmement riche en guanine. Cunningham s'inscrit en faux contre cette assertion.

2° *Préparation.* — En grattant la face externe de la paroi abdominale d'un poisson très argenté — tel que l'ablette — on détache de celle-ci des écailles chargées de pigments. On les broie ensuite et on les lave à plusieurs reprises à l'eau en ayant soin de séparer par décantation, le pigment plus lourd, des débris organiques. On recueille au fond du vase une poudre brillante composée presque uniquement de cristaux et qu'on peut achever de purifier par centrifugation.

On conserve cette poudre dans de l'eau légèrement ammoniacale. Elle constitue un matériel propre à l'analyse chimique.

3° *Propriétés.* — Les résultats de Millot comme ceux de ses prédécesseurs montrent que le pigment irisant des poissons est composé de guanine.

Il est, en effet, insoluble dans l'eau froide, l'éther, le xylol, le chloroforme, la glycérine; faiblement soluble dans l'eau chaude; il est très soluble dans toutes les bases, sauf dans l'ammoniaque qui, même en excès et concentrée, dissout très mal les cristaux. Ce caractère est un de ceux qui permettent le mieux de distinguer la guanine de la xanthine, beaucoup plus soluble dans l'ammoniaque. Il est très soluble dans tous les acides, sauf les acides acétique, formique, lactique, citrique. Il est précipité de ses solutions, en présence de sels de magnésium par une solution ammoniacale de nitrate d'argent à l'état de purate argéntico-magnésien.

Il est précipité d'une solution étendue par le ferri-cyanure de potassium (en solution concentrée) sous forme de cristaux prismatiques brun jaune sables dans l'eau chaude. La xanthine n'est pas précipitée dans les mêmes conditions. Il donne la réaction de la murexide. Il donne la réaction de Weidel (oxydation à l'eau de chlore, puis vapeurs d'ammoniaque).

L'adénine et l'hypoxanthine ne donnent aucune de ces deux dernières réactions.

Une solution de pigment dans l'acide chlorhydrique au 1/10^e donne, après évaporation des cristaux de chlorhydrate de guanine caractéristiques.

En ajoutant à la solution chlorhydrique une solution saturée d'acide picrique, il se forme de longues aiguilles jaunes groupées en buisson de picrate de guanine.

Voigt a pratiqué des dosages d'azote sur les cristaux de la vessie natatoire d'*Argentina sphyroena*. Les chiffres qu'il a obtenus (45,64 %) concordent de façon très satisfaisante avec ceux que la formule de la guanine permet de calculer (46,36 %).

Millot a essayé de doser les corps puriques contenus dans les cristaux, par la méthode Haycraft-Deniges. Il a obtenu les résultats suivants :

poûds de substance pigmentaire : 0 gr. 57; poids de corps purique trouvé : 0 gr. 087.

Le corps purique (guanine) forme donc un peu plus du 1/6 de la substance pigmentaire.

Pour la plupart des auteurs la guanine serait à l'état de sel de calcium.

Ainsi Barreswill (1861), Kühne et Sowall (1880) pensent que les cristaux représentent du guanate de chaux. Fuchs (1914) trouve aussi du calcium dans les guanophores. Cunningham et Mac Munn (1893) admettent que la chaux n'est qu'un produit d'excrétion provenant de substances autres que le pigment qui est formé de guanine pure.

Millot présente des résultats nouveaux. Il calcine dans une capsule de platine de la poudre de cristaux sans aucune addition, puis en présence de chlorhydrate d'ammoniaque à un pH entre 4,8 et 5,2, il pré-

precipite par de l'oxalate d'ammoniaque et titre l'acide oxalique précipité sous forme d'oxalate de chaux par le permanganate 1/100. Il ne trouve que de très faibles quantités : 14 % environ, et très variables d'un échantillon à l'autre. Il en déduit que ce calcium provient d'impuretés.

Si Voigt, d'après cet auteur, a obtenu de grosses quantités de calcium, c'est qu'il a employé des produits impurs.

4° *Genèse des pigments puriques.* — L'apparition des guanophores a été étudiée chez différents animaux. Chez tous les poissons, les guanophores de la choroïde et de l'iris sont les seuls qui apparaissent avant l'éclosion. Lorsque celle-ci date de quelques jours l'organe visuel présente déjà un éclat argenté visible à l'œil nu, alors que même au microscope aucune trace de pigment purique n'est décelable dans le reste du corps.

Chez les alevins, le développement des guanophores du tégument externe suit une double direction cranio-caudale et dorso-ventrale. Il est intéressant de constater que la pigmentation mélanique se fait également suivant cette double direction.

Panu a étudié l'apparition des pigments guaniques chez la civelle. On sait que l'anguille, pendant son existence, traverse trois étapes :

La première est larvaire et se passe au large dans l'Océan. Les œufs et les larves qui en proviennent se trouvent d'abord suspendus dans la masse des eaux atlantiques près des îles Bermudes à l'origine du Gulf-Stream. Ces larves, appelées leptocéphales, sont emportées par le courant du Gulf-Stream, elles grandissent en gardant la transparence de leur corps;

elles arrivent alors à la hauteur des côtes européennes, mais avant de toucher au littoral, elles subissent une métamorphose compliquée dont le résultat est de les convertir en petites anguilles ou civelles. On compte pour la croissance et la métamorphose 3 ans. Schmidt, dans un travail paru en 1906, divise la métamorphose en 6 stades.

Les stades V et VI correspondent à la phase civellaire qui dure depuis son arrivée sur la côte et le commencement de la migration dans l'eau douce jusqu'à la fin de sa dernière réduction en longueur et en volume.

Gilson subdivise le stade VI en A et B.

Panu note que la formation des pigments puriques se réalise à la phase VI A 4.

Panu note que la lumière vive accélère la pigmentation purique. En outre, et ceci est vrai pour toutes les pigmentations : la salinité retarde la pigmentation tandis que l'eau douce la favorise. Les civelles sont euryioniques. L'optimum de pH qui agit sur la pigmentation doit être considéré comme compris entre 7,1 et 7,4 (pH de l'eau douce). La pigmentation est inversement proportionnelle à la teneur en oxygène de l'eau et directement proportionnelle à la température, en tenant compte des limites extrêmes.

De même que les autres chromatophores, les guano-phores présentent des apparences d'expansion et de rétraction. La forme de la cellule reste invariable, comme le montre la coloration du protoplasma sur des éléments contractés, mais le pigment se déplace à l'intérieur de la cellule. Ce déplacement se ferait sous l'action du système nerveux, au moins en partie ; tous les guanophores d'un même territoire se déplacent, en général, dans le même sens et jouent un rôle important dans les changements de coloration des animaux.

II. — PIGMENTS DU TYPE LIPOCHROME

1° *Historique.* — Krukenberg a isolé, en 1882, un pigment rouge aqueux de *Luvarus impérialis*. Il parvient à extraire d'autres lipochromes de certains téléostéens : sole, carpe, murène.

Cunningham et Mac Munn montrent que les seuls pigments trouvés dans la peau sont les lipochromes. Apparemment, il y a deux pigments lipochromes, un rouge et un jaune, mais en réalité ils ont le même spectre ; c'est la condensation qui provoque des couleurs différentes. Ainsi, quand ils sont très condensés et sous une grande épaisseur, la couleur est rouge ; lorsqu'ils sont raréfiés et sous une petite épaisseur, la couleur est jaune.

Cependant, il existe quelquefois un deuxième pigment jaune qui peut être séparé du rouge par une extraction de la peau à l'alcool qui entraîne les pigments jaunes, laisse les pigments rouges qui sont, à leur tour, entraînés par l'éther.

Le pigment jaune est contenu dans les cellules placées immédiatement au-dessus de la membrane basale. Ces cellules ont des prolongements irréguliers. Dans le stade d'expansion, ces prolongements ne sont pas arborescents comme ceux des mélanophores.

Un certain nombre de poissons osseux dont le plus connu est l'orpie présentent une coloration verte ou vert bleuâtre qui imprègne diffusément tous les tissus ou seulement quelques-uns d'entre eux.

Moreau montre, en 1881, que le pigment des Or-

phies colore surtout le système osseux. D'après Pouchet (1876), cette coloration occuperait non pas un système anatomique spécial, mais bien toute une région du corps : la face dorsale de l'animal.

Le pigment vert résiste à la cuisson ; il se conserve 2 ou 3 ans au contact de la glycérine. D'après Mlle Asvadourova, il contiendrait un sel de cuivre.

Pouchet rapproche de ce pigment celui de la Scorpène (*Cottus gobio*) où la coloration est beaucoup plus étendue. Presque tous les organes, os, muscles, etc., et la plupart des humeurs sont d'un vert bleuâtre très net. Ce pigment étant détruit par l'alcool ; il serait plutôt à rapprocher des carotinoïdes.

2° *Chimie des lipochromes.* — Panu, dans ses recherches, a constaté que le pigment jaune est un mélange de carotinoïdes et de lipoïdes divers.

L'ancienne classe des lipochromes, dans laquelle était confondue les pigments solubles dans les corps gras et les lipoïdes eux-mêmes, doit être considérée comme non existante, d'après l'auteur. Quand le pigment est lui-même un corps gras, on peut le classer parmi les substances chromolipoïdes. Mais quand le pigment est un carotène et seulement soluble dans les corps gras, on peut le considérer comme un pigment jaune ou carotinoïde.

Le caroténoïde que l'on rencontre dans les chromatophores est soluble dans l'alcool à 95°, l'alcool absolu, le chloroforme, l'acétone, le toluène, le sulfure de carbone, l'éther de pétrole et les autres solvants organiques. Il est soluble dans la créosote, les essences, les carbures liquides, les graisses, les lipoï-

des et les acides gras et insoluble dans l'eau, la glycérine, le formol, les acides minéraux et les solutions alcalines.

Le substratum du pigment est de nature lipoïde. En effet, lorsqu'on traite les cellules jaunes de la peau d'anguille par l'acétone, le pigment est dissous tandis que le substratum persiste, ce qui a permis à Panu de le mettre en évidence par la méthode de fixation de Dietrich modifiée par Parat et coloration à l'hématoxyline de Kultschitzkys.

3° *Genèse des lipochromes.* — L'apparition du pigment jaune dans la peau commence lorsque la pigmentation mélanique est achevée. A partir du stade V A₄ de Strubberg, on voit que le pigment jaune est accolé aux mélanophores. C'est pour cela qu'on ne peut le voir par transparence dans le corps des civelles, que lorsque le mélanophore est contracté. Quand le mélanophore est en expansion, la cellule qui représente le pigment jaune est cachée sous ce mélanophore.

Plus tard, après 70 jours de ce stade (V. B. de Strubberg), les cellules jaunes forment dans le derme de la peau un réseau assez régulier dont les mailles sont occupées par les mélanophores étoilés.

Cette disposition réticulaire du pigment jaune commence après 80 jours du stade V. B.; elle est moins régulière : les nœuds du réseau se colorent plus intensément que les traversées.

Panu croit que l'apparition du pigment jaune coïncide avec l'accroissement de l'individu et la fin de l'état de dénutrition générale qu'il considère comme un état physiologique. Au début de ce terme, la teneur en graisse et en lipoïdes de l'organisme commence à augmenter de façon assez appréciable et la cellule pigmentaire jaune commence à trouver dans l'organisme les substances grasses nécessaires à sa nutrition.

Au stade VI B, les cellules jaunes se trouvent dans la peau de la région ventrale de l'anguille jaune argentée et de la civelle. Dans la peau immédiatement sous la membrane basale, les cellules jaunes sont les plus superficielles.

III. — LES PIGMENTS MELANIQUES

Les pigments mélaniques sont les mieux connus, au point de vue histologique car ils résistent à toutes les manipulations des techniques courantes.

On les trouve dans la peau de l'anguille sous la membrane basale ; on les rencontre aussi dans les régions conjonctives du derme, dans les tractus conjonctifs qui s'insinuent dans le tissu adipeux et aussi entre le tissu adipeux et les muscles.

Les mélanophores contiennent le pigment mélanique qui est une matière colorante brune déposée dans des granules pigmentaires sphériques, très petites possédant la propriété de réfracter et d'interférer la lumière.

La composition qualitative est mal connue. Cortner et Piettre croient que les mélanines sont constituées par un groupe albuminoïde que l'hydrolyse permet d'isoler et par un noyau pigmentaire plus condensé. Le noyau seul est extrait par les procédés chimiques.

Les produits d'extraction sont des poudres brunes ou brun-noir, amorphes ou granuleuses. Elles sont insolubles dans l'eau ou les solvants organiques, solubles dans les lessives alcalines. L'acide sulfurique et nitrique concentrés les dissolvent à chaud. La solubilité dans les autres acides est variable. D'une manière générale, les mélanines sont insolubles dans les acides.

La composition chimique des mélanines est varia-

ble suivant les auteurs. Il y a, en effet, beaucoup de mélanines et le produit sur lequel on opère est plus ou moins pur.

Nous n'avons pas d'analyses de mélanines de poissons.

Panu montre que l'optimum de pigmentation est obtenu en une eau contenant 6 gr. d'oxygène par litre. Les cellules migratives pigmentaires gagnent alors la surface de la peau.

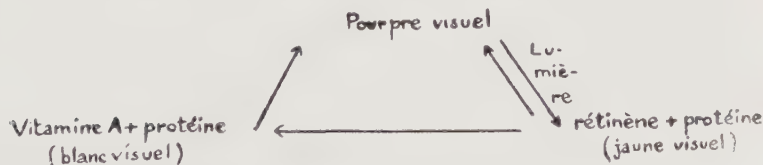
Le pH optimum de la pigmentation de la civelle est 7,6.

IV. — LES PIGMENTS DE L'ŒIL. LA CHIMIE DU CORPS VITRE.

Nous étudierons successivement les pigments du pourpre rétinien puis la flavine de l'œil.

1° *Les pigments du pourpre rétinien.*

Wald, en 1935, a étudié le tissu oculaire de *Prionotus carolinus*, de *Centropristes striatus* et de *Stenotonus chrysops*. Le système de pourpre visuel de ces poissons s'exprime dans le schéma suivant :



L'auteur prend des rétines droite et gauche de cinq poissons adaptés à l'obscurité, qu'il traite isolément.

Il extrait les rétines à l'obscurité par la benzine.

En versant sur la solution benzénique du trichlorure d'antimoine, il obtient une coloration bleue ; d'où il déduit que la rétine adaptée à l'obscurité contient de petites quantités de Vitamine A. En exposant ces mêmes rétines à la lumière solaire, il obtient le jaune visuel. Il fait alors une nouvelle extraction à la benzine. Il trouve une substance chromogène dont l'absorption est de 664 m μ . Il prend enfin cette même rétine soumise à la lumière et avant de la traiter par la benzine, il l'abandonne une heure à la température du laboratoire. Il traite alors cette rétine par la benzine. Pendant cette heure, le jaune visuel est devenu blanc. On obtient une bande qui montre qu'il y a une absorption quantitative en Vitamine A.

Dans l'épithélium de la rétine, l'auteur a encore trouvé de la xanthophylle et de la flavine.

Kottgen et Abersdorff ont donné pour le spectre visuel des poissons d'eau douce une absorption moyenne à 540 m μ . Wald, au contraire, a trouvé le chiffre de 500 m μ .

Wald, en 1937, a étudié la porphyrpsine ou pourpre visuel, isolé de *Perca alba*, de *Perca flavescens* et d'*Esox reticulatus*.

L'auteur isole une rétine adaptée à l'obscurité ; elle a une coloration pourpre. Exposée à la lumière, elle devient rousse puis la coloration faiblit vers le jaune-pâle. Le passage du rouge au jaune a demandé 3/4 d'heure à 25°. A l'état roux, la rétine replacée à l'obscurité régénère la porphyrpsine. Toutefois, la rétine qui est devenue complètement jaune ne peut plus redonner la porphyrpsine.

De plus, Wald a traité séparément les rétines droites et gauches de six Perches adaptées à l'obscurité.

Il extrait une rétine par le benzène à l'obscurité ; il la met à blanchir à la lumière et fait alors une nouvelle extraction.

Une deuxième est blanchie et complètement transformée avant extraction.

Après avoir traité les extraits benzéniques par le sulfure de carbone, il fait les spectres ; puis il reprend les.

extraits par le chloroforme, ajoute du trichlorure d'antimoine, ce qui lui donne une coloration bleue dont il fait le spectre. Les résultats obtenus par Wald sont consignés dans le tableau suivant :

Rétine	Coloration	Spectre de l'extrait benzénique en solution dans CS ₂ .	Spectre de la réaction au Cl ³ Sb.
adaptée à	pourpre	absorption dans le violet.	petite bande à 695 mμ.
d'obscurité	rousse	absorption à 400 mμ dans le violet.	haute bande à 703 mμ.
blanchie et décolorée	jaune pâle	absorption terminale.	640 mμ.

2° La flavine de l'œil.

Adler et von Euler, en 1938, montrent que les yeux des poissons contiennent jusqu'à 500 γ de flavine par gramme de tissu, alors que d'autres tissus qui passent pour très riches comme le foie et le rein n'en contiennent que 20 γ.

Elle apparaît comme entièrement combinée avec des protéines. Elle ne donne pas la réaction de fluorescence caractéristique, cependant elle donne une fluorescence grise dans l'eau d'extraction, et elle est complètement dialysable. Si l'on prend un poisson fraîchement tué et qu'on le refroidisse dans le mélange acétone-neige carbonique, une coupe pratiquée suivant une section méridienne montre au microscope à fluorescence un spectre identique en tous points à celui de la flavine. Karrer a isolé et identifié la flavine du *Gadus*. Il l'a trouvée identique à la lactoflavine. Cet auteur en conclut que la flavine contenue dans les yeux des poissons est à l'état libre ou à l'état de combinaison protéique hautement disso-

ciée et non pas sous la forme de flavine-enzyme. Les yeux sont donc le seul tissu qui contient de la flavine libre avec, sans doute, le lait et les urines.

Emery montre que dans l'œil de poisson, il n'y a pas de flavine phosphate mais de la flavine libre. Il y aurait donc déphosphorylation de la flavine des aliments avant qu'elle soit passée dans l'œil.

On peut donc conclure, avec Adler et von Euler, que, dans l'œil des poissons, la flavine n'est pas sous le même état chimique que dans les autres organes. Elle n'est liée ni à l'acide phosphorique, ni aux protéines. La flavine ne joue donc pas comme oxydo-réducteur mais comme élément de fluorescence. Elle a un rôle physique et non chimique.

Derrien, en 1937, étudie la répartition du chlorure de sodium et du glucose entre le plasma sanguin et le corps vitré des poissons.

L'auteur fait des prises simultanées de plasma et de corps vitré, obtenues par ponctions cardiaques et rétrocornéennes chez les baudroies.

Dans le corps vitré, Derrien trouve une teneur en chlore, dosé en chlorure de sodium de 7,60 à 9,12 grammes par 1.000 cc. La teneur en glucose est de 0,06 à 0,12 gr. pour 1.000. Dans le plasma sanguin, l'auteur trouve de 10,41 à 10,93 pour 1.000 cc. de Cl Na, et 0,15 à 0,35 gr. pour 1.000 cc. de glucose. Les rapports : Cl Na du corps vitré/Cl Na du plasma sont toujours inférieurs à l'unité et présentent des valeurs voisines de 0,82. Les rapports : glucose du corps vitré/glucose plasmatique sont, de même, toujours inférieurs à l'unité. Leurs valeurs sont comprises entre 0,31 à 0,52.

L'intérêt de ces faits ressort de leur comparaison avec ceux antérieurement acquis chez l'homme et chez un certain nombre de mammifères. On sait, en effet, que chez tous ceux-ci les rapports de répartition : corps vitré/plasma voisins de ceux : humeur aqueuse/plasma, sont toujours inférieurs à l'unité dans le cas du chlorure de sodium et le plus souvent inférieurs à l'unité dans le cas du glucose.

Derrien a étudié la répartition de ces mêmes éléments chez un sélacien *Scylliorhinus stellaris*. L'auteur a fait des ponctions intraoculaires et intracardiaques chez des Roussettes vivantes ponctionnées au moment de leur capture. La teneur du sérum en Cl (exprimé en gr. de Cl Na pour 1.000 cc. de sérum) a varié de 15,21 à 16,26 gr. Sa teneur en glucose (exprimée en gr. pour 1.000 cc.) a varié de 0,17 à 0,38. Pour le corps vitré, l'auteur donne les chiffres suivants : Cl Na : de 16,22 à 16,67 gr.; glucose : de 0,04 à 0,19. Les rapports Cl Na-corps vitré/Cl Na-sérum sont toujours supérieurs à l'unité (moyenne de 10 cas: 1,03). Elle est pratiquement égale à 1,00 si l'on rapporte au litre de solvant (eau) la concentration en Cl Na des humeurs.

Les rapports glucose-corps vitré/glucose-sérum présentent des valeurs comprises entre 0,33 et 0,51 (moyenne 0,35).

Derrien a aussi étudié la répartition de l'urée dans le corps vitré et le sérum de *Scylliorhinus stellaris*. Les dosages de l'urée dans le sérum de ce poisson lui donnent des chiffres variant de 25,11 à 25,50. Ceux du corps vitré oscillent entre 22,07 et 24,00. La valeur moyenne du rapport urée-corps vitré/urée-sérum = 0,92.

La répartition du glucose et de l'urée dans les milieux oculaires et le sérum présente chez les sélaciens, d'une part, chez les batraciens d'autre part, des caractères communs tenant au fait que chez tous ces animaux la valeur des rapports uréiques légèrement inférieurs à l'unité sont le plus souvent bien supérieurs à celles des rapports glucosiques. Il en est vraisemblablement de même chez les Téléostéens.

On peut penser qu'il existe entre la composition du sang et celle des liquides intraoculaires de tous ces vertébrés une relation dans laquelle la vitesse de diffusion des constituants plasmatiques, inversement proportionnelle au poids moléculaire de ceux-ci, joue un rôle important.

CHAPITRE IX

OXYDATIONS ET REDUCTIONS

I. — LA TENEUR EN OXYGÈNE DES EAUX HABITEES PAR LES POISSONS

L'oxygène se dissout dans l'eau en fonction de la température et de la salinité. On a le tableau suivant :

Teneur en sels (gr. par litre)	0°	Température		
		10°	20°	30°
0 (eau distillée) ...	10.3	8.0	6.4	5.4
10	9.13	7.19	5.95	5.01
35 eau de mer.....	8.08	6.44	5.38	4.52

Ainsi, dans nos climats, l'eau de mer renferme 6 à 7 cc. d'oxygène par litre, tandis qu'un litre d'air en renferme environ 210 litres. Il y a donc 30 fois moins d'oxygène dans un volume d'eau de mer que dans le même volume d'air.

A. — Dans l'eau de mer, il convient de distinguer diverses zones :

a) Dans la zone littorale, Chauchard a défini les diverses influences qui agissent sur l'oxygène dissous. Il a décelé l'action d'un certain nombre de facteurs :

- 1° Les marées diminuent l'oxygène dissous ;
- 2° Les substances organiques le diminuent aussi en général. Ce sont d'ailleurs surtout les matières organiques terri-
gènes qui agissent ainsi ;
- 3° L'agitation le diminue généralement.
- 4° Par contre, les mortes eaux l'augmentent ;
- 5° La photosynthèse l'accroît sensiblement. Elle est en
grande partie à l'origine des variations journalières ;
- 6° Les saisons agissent sur l'oxygène dissous. C'est au
printemps que le taux d'oxygène est le plus élevé.

b) Dans les zones profondes.

A un faible profondeur, entre 100 et 200 mètres, on trouve, en général, de 4 à 6 cc. d'oxygène par litre. Dans les grandes profondeurs, on trouve beaucoup moins d'oxygène, en général de 2 à 4 cc. par litre.

Quelques particularités sont à signaler, c'est la très faible teneur en oxygène de la Mer Noire et du Golfe Persique qui contiennent cependant beaucoup de poissons ; c'est aussi l'influence des courants antarctiques qui, ainsi que les fjords de Norvège ont une eau saturée à 8 ou 12 cc. d'oxygène.

B. — Dans l'eau douce.

a) Diverses teneurs. La teneur est très variable suivant l'agitation de l'eau (les cascades par exemple) qui semble l'enrichir en oxygène. Elle est ainsi en opposition avec l'eau de mer. Cette différence est sans doute due à la salinité de l'une et de l'autre qui permet une saturation plus élevée pour l'eau douce que pour l'eau de mer.

b) La pression atmosphérique. Elle peut tomber assez bas en été lors des très grandes dépressions.

c) Elle varie enfin avec la traversée des villes qui apporte des substances organiques et diminue l'oxygène dissous.

L'eau du Fier, avant les gorges, a une quantité d'oxygène dissous de 15 cc. 05; après les gorges, de 12 cc. 15.

La Garonne en amont de Toulouse contient 7 cc. 9 d'oxygène dissous par litre ; le Rhône, à Genève, avant l'Arve, 8 cc. 4 ; le Rhin, à Strasbourg (mai), 7,4 ; la Seine, à Bersy (juillet), 3,9.

II. — L'ABSORPTION DE L'OXYGENE PAR LES BRANCHIES

Les branchies sont formées de lames saillantes désignées sous le nom de lamelles ou de feuillets branchiaux. Elles sont situées aux parois du pharynx, s'abouchant d'une part dans la cavité pharyngienne et d'autre part à l'extérieur.

Dans tous ces cas, le fait essentiel est que le courant d'eau rentre par le pharynx et ressort par l'orifice extérieur ; c'est là une différence importante avec les pulmonés chez lesquels l'air exécute des mouvements de va et vient par un seul conduit.

Chaque lame branchiale, quelle que soit son origine, porte des vaisseaux qui la desservent ; sur un bord une division de l'artère branchiale et sur l'autre un vaisseau d'origine de la veine branchiale.

Physiologiquement, les échanges se passent comme chez les mammifères et dépendent essentiellement de la tension partielle de l'oxygène.

Le plus souvent le passage de l'eau dans les branchies est le résultat d'une activité rythmique réalisée au moyen de la bouche. Les poissons font des succions rythmiques d'eau dans leur pharynx puis ils rejettent cette eau par les ouvertures branchiales. Pendant l'inspiration, la bouche est ouverte, la cavité orale est élargie par l'expansion latérale de

ses parois. Pendant l'expiration, la bouche est fermée et par la contraction de ces parois l'eau est rejetée à travers les chambres branchiales. Il convient de noter au passage que, n'ayant pas à revenir par le même trajet, mais ayant à parcourir un cycle avec une porte d'entrée et une porte de sortie indépendante, l'eau ne séjourne pas, ne laisse aucun résidu. On ne trouve pas l'équivalent de l'air alvéolaire des mammifères.

Pendant l'expiration, les arcs branchiaux se déploient, les ligaments entrent en contact direct avec l'eau circulante et les échanges gazeux se font facilement au travers de la paroi des filaments.

Les poissons semblent très inégalement sensibles à l'abaissement de la tension partielle de l'oxygène dans l'eau inspirée.

a) Certains poissons, tels que *Stenotomus chrysops*, *Tautoglabrus adapersus*, *Palinurichthys paciformis*, *Poronothus triacanthus* cessent de respirer à une tension d'oxygène qui s'abaisse en dessous de 11 à 16 mm. de Mercure. D'autres, tels que *Spheroides maculatus*, supportent un abaissement jusqu'à 5 mm. Enfin, pour certains, notamment pour *Opsanus Tau*, il n'y a pas de limite inférieure pratique.

Pour expliquer ce phénomène, Hall a expérimenté sur les Maquereaux. Il a placé ces animaux dans de l'eau de mer contenant 5 cc. d'oxygène par litre. Un premier groupe est mis dans un bassin où ces poissons se meuvent librement. Un second groupe est retardé dans ses évolutions par un poids suspendu à la queue, un troisième groupe est placé dans une cage si minuscule qu'elle ne leur permet aucun mouvement. Après 15 minutes, du sang prélevé sous paraffine à l'artère caudale présente les saturations suivantes :

Maquereau libre.	85 %
Maquereau retardé.	46 %
Maquereau immobilisé.	11 %

Ainsi, à côté de la circulation établie par le mécanisme oral précédemment décrit, il faut tenir compte d'une circulation due à la motilité de l'animal. Il est probable que les deux fonctions d'alimentation et de respiration sont chez ces animaux liées aux mouvements. Il faut que, chez ces poissons qui vivent de petits copépodes, une quantité suffisante de ce plancton passe à travers la bouche. Pour cela, l'animal s'adapte peu à peu à une vie de mouvement. Sa respiration s'adapte secondairement à cette manière d'être, chez ces poissons, elle ne peut se réaliser qu'imparfaitement ou même s'arrête s'ils sont immobilisés. C'est ainsi que, si l'on donne à un Maquereau une dose d'uréthane juste suffisante pour anesthésier et priver de mouvements un *Stenotomus chrysops*, le Maquereau immobilisé, lui aussi, meurt par asphyxie.

Le rythme respiratoire est variable chez les poissons. Chez *Spheroides maculatus* à 12°, le rythme est de 22 respirations par minute, mais il passe à 85 respirations par minute à 22°. La quantité d'eau passée à travers la cavité branchiale est, à 12°, de 5 décilitres par heure et à 22° de 65 décilitres. Chez ce poisson, les branchies peuvent être cathétérisées, ce qui permet d'obtenir des chiffres très exacts.

III. — LE TRANSPORT DE L'OXYGENE

L'oxygène se dissout dans le plasma, se combine ensuite avec l'hémoglobine. Il est transporté ainsi jusqu'aux tissus où au fur et à mesure des nécessités il repasse en solution dans le plasma puis sert aux oxydations tissulaires.

Différents points sont à examiner :

1° *Le nombre de globules.* — Dans une étude qui remonte à 1877, Malassez a donné les chiffres suivants indiquant le nombre de globules rouges trouvés dans un millimètre cube de sang à l'aide de son compte-globules.

Pour l'anguille (*Anguilla muræna* L.), la moyenne de 3 numérations est de 1.626.000 globules par mm³ de sang; pour la brème (*Abramis brama* Cuv.), la moyenne de 3 numérations est de 859.000; pour le chevesne (*Leuciscus dobula* Val et Cuv.), la moyenne de 2 numérations est de 860.000; pour le gardon (*Leuciscus rutilus* Val et Cuv.), de 840.000; pour la perche (*Perca fluviatilis* L.), de 950.000; pour la torpille (*Torpedo marmorata*, Dum.), on ne trouve plus que 76.000 globules au millimètre cube de sang.

L'auteur comparant la richesse globulaire du sang des poissons osseux à celle des poissons cartilagineux, trouve que cette dernière est fortement inférieure.

C'est ainsi qu'il compte chez les poissons osseux suivants : 1.960.000 globules par millimètre cube de sang chez la Vieille (*Labrus bergylta* Pries et Eckste) et 1.660.000 chez le Mulet (*Mugil cephalus* Val. et Cuv.), soit une moyenne de 1.810.000. Chez les poissons cartilagineux, une torpille (*Torpedo marmorata*) n'en a que 55.000 et un requin (*Lamna cornubica*, Cuv.) 39.500, soit en moyenne 47.200.

D'autre part, Root donne les chiffres suivants :

Pour *Lophius piscatorius*, 867.083, *Opsanus tau*, 585.000, *Sphoroïdes maculatus* 2.284.000, *Stenotomus chrysops* 2.685.000, *Prionotus carolinus* 2.536.000, *Scomber scombrus* 3.000.000.

Il semble qu'il existe des variations dans le nombre de globules rouges pendant la journée. Ce rythme diurne serait peut-être dû à une variation d'activité musculaire et à une augmentation de l'amplitude des mouvements respiratoires. Le maximum est atteint de 12 à 16 heures. La variation a une ampleur d'environ 20 %.

2° *Le pigment respiratoire des poissons.* — Les poissons contiennent dans leur sang de l'hémoglobine.

Les cyclostomes, au contraire, ont un autre pigment protohématique, l'érythrocrurine.

a) Roche et Fontaine, en 1938, ont étudié ce pigment chez *Petromyzon marinus*. Son poids moléculaire moyen serait de 16.700. Son pH isoélectrique de 5,7 (la valeur du pH isoélectrique des hémoglobines est entre 6,8 et 7,3 et celle des érythrocrurines entre 4,8 et 5,8).

L'analyse leur donne : Arginine, 3,52 % ; Histidine, 3,37 % ; Lysine, 7,51 % ; Cystine, 4,4 %.

Ils concluent :

Le chromoprotéide respiratoire de la Lamproie marine est une érythrocrurine analogue par son point isoélectrique et son état micellaire à celles exis-

tant dans les globules rouges de nombreux Invertébrés. Toutefois, sa composition en acides aminés est à certains égards (teneur en histide et en cystine) voisine de celle caractérisant ces dernières, et à d'autres (teneur en arginine et en lysine) semblable à celle des hémoglobines. Erythrocruorine d'un type particulier, ce chromoprotéide constitue une sorte d'intermédiaire entre les pigments respiratoires hématiques des vertébrés autres que les Cyclostomes et ceux des Invertébrés.

Svedberg étudiant le pigment de la myxine a trouvé le chiffre de 34.500.

b) Chez un élasmobranch, la raie, et chez un Téléostéen, la perche, Svedberg a trouvé pour l'hémoglobine, le chiffre de 68.000 qui est le poids moléculaire de l'hémoglobine de tous les autres vertébrés.

Ainsi, par la constitution de leur pigment sanguin, les cyclostomes se présentent comme un intermédiaire entre les Invertébrés et les Vertébrés.

3° *La quantité d'hémoglobine*, et, partant, de fer, semble varier avec l'activité des poissons. C'est ainsi que *Sarda sarda* contient 45,5 mgr. de fer par 100 cc. de sang ; *Pneumatophorus colias* 43,8, *Scomber scombrus* 43. Ces trois poissons sont très actifs, difficiles à saisir, même dans un aquarium ; ils vivent de plancton et sont toujours à la recherche de celui-ci.

Trois autres poissons sont, au contraire, très inactifs. Ils peuvent rester sur le fond pendant de longues périodes sans donner aucun signe de vie. Ils mangent les animaux qui passent à leur portée. Ce

sont *Lophius piscatorius* qui ne contient que 14,7 de fer, *Opsanus tau* 13,5 et *Lophopsetta maculata* 11,5. Les autres Téléostéens sont intermédiaires entre les deux. *Brevoortia tyrannus* contient ainsi 41 de fer, *Tautogolabrus adapersus*, 27,7, *Poronotus triacanthus* 27,4, *Stenotomus chrysops* 25,3, *Prionotus carolinus* 23,7, *Palinurichthys perciformis* 21,7, *Spehroides maculatus* 21,5, *Anguilla rostrata* 20,4, *Merluccius bilinearis* 19,4. On constate que les quatre espèces qui ont la plus haute teneur en hémoglobine sont toutes les quatre migratrices, alors que celles qui ont la plus basse ne sont pas migratrices. Il est probable que le taux de l'hémoglobine conditionne l'extension possible des espèces.

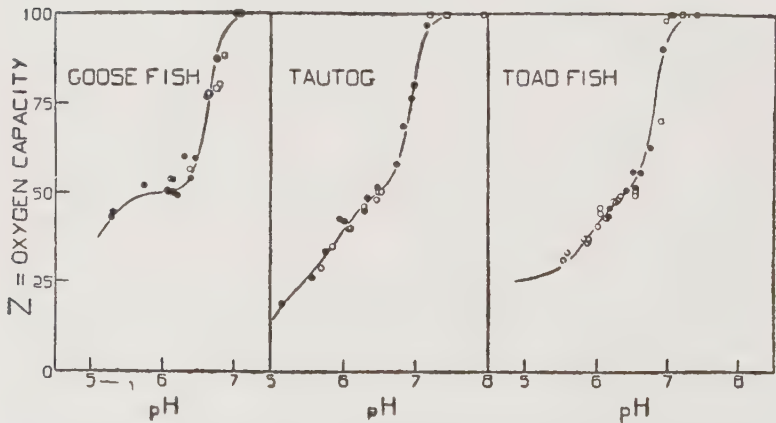
4° *La capacité oxygénée du sang* varie forcément comme l'hémoglobine et par conséquent subit essentiellement l'influence de l'activité du poisson.

Root rapporte les chiffres suivants pour six espèces de poissons d'inégale activité, les uns paresseux comme *Opsanus* et *Lophius*, et les autres très actifs, comme *Scomber scombrus*.

Espèces	Capac. en ox. en volume %	Nombre de glob. rouge.	Hémogl. vol. %	Fer mgr. 100 cc.
<i>Lophius piscatorius</i> ..	5.07	867.083	15.45	13.40
<i>Opsanus tau</i>	6.21	585.000	19.50	14.00
<i>Spheroïdes maculatus</i>	6.75	2.284.000	17.50	21.50
<i>Stenotomus chrysops</i> .	7.30	2.685.000	32.60	24.60
<i>Prionotus carolinus</i> ..	7.66	2.536.000	24.00	23.10
<i>Scomber scombrus</i> . .	15.77	3.000.000	37.10	37.10

L'augmentation de CO_2 diminue le pouvoir de combinaison de l'hémoglobine. Il est probable que le CO_2 agit par l'intermédiaire du pH. En passant de $\text{pH} = 7,8$ à $\text{pH} = 7,5$, les pertes de la capacité du *Prionotus* sont de 20 %. En passant à $\text{pH} = 7$, la perte est 60 %, et passant à $\text{pH} = 6,6$, elle est de 70 %. L'acide lactique agit, de même, par l'intermédiaire du pH. On en vient à penser que le CO_2 peut inactiver un certain nombre de valences que l'hémoglobine réserve à l'oxygène. En fait, c'est une adaptation à un milieu aquatique pauvre en CO_2 .

5° *Les courbes de dissociation de l'hémoglobine* de sang de poissons ont été étudiées par Root et par Krogh. Nous en rapportons un certain nombre.



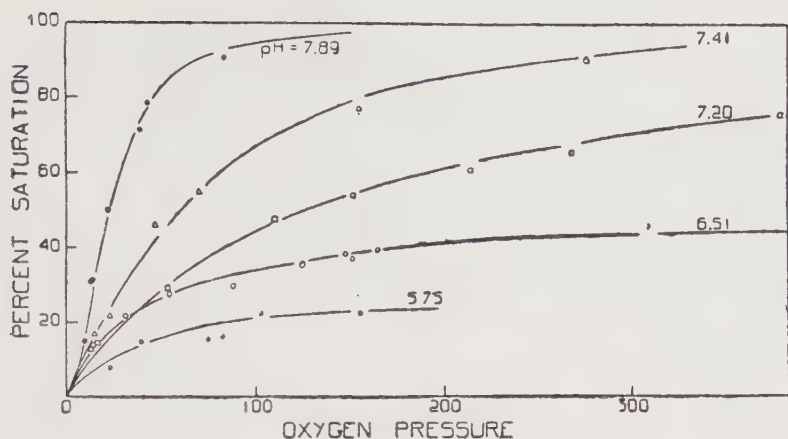
Courbe I. — Capacité en Oxygène de *lophius piscatorius*, de *Tautoga oiti* et d'*Opsanus tau*.

● du sang équilibré avec l'oxygène.

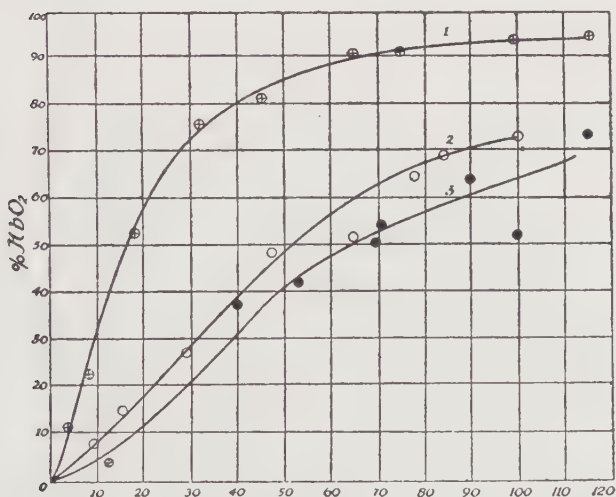
○ du sang équilibré avec l'air.

× Courbe de dissociation en Oxygène.

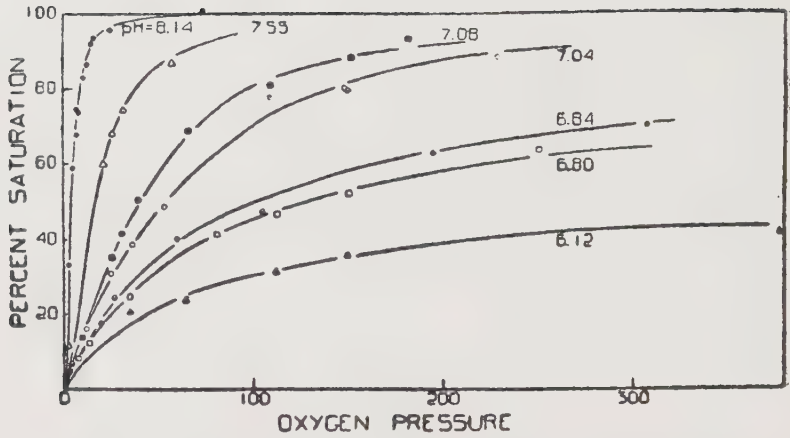
Biological Bulletin 1933, 64, p. 402 d'après Green et Root



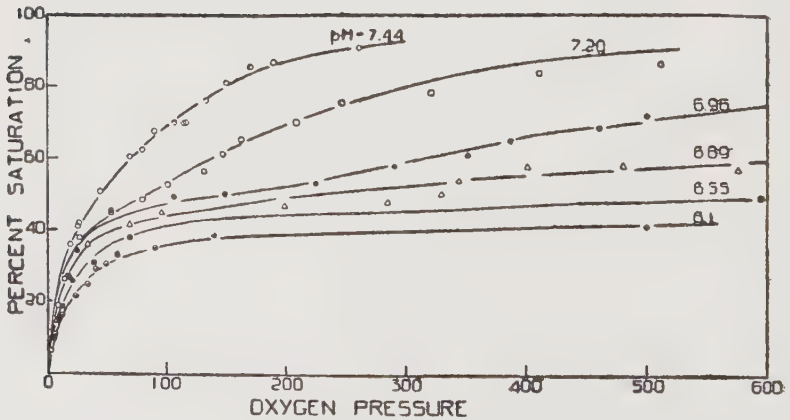
Courbe 2. — Courbe de dissociation de l'oxygène à divers pH du sang de *Tautoga onitis* L. — D'après Green et Root. Biological Bulletin 1933, 64, p. 397.



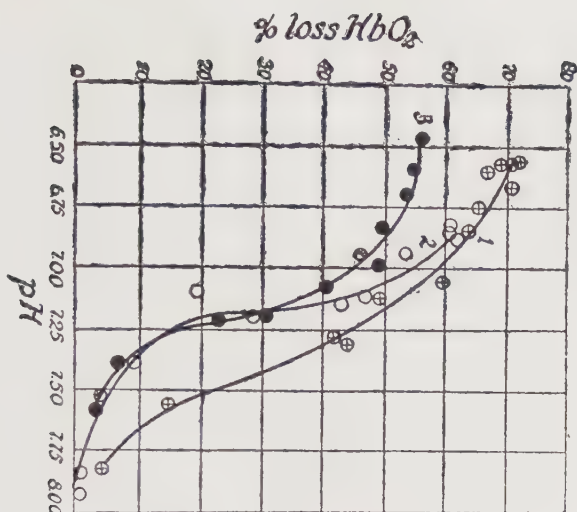
Courbe 3. — Courbe de dissociation de l'oxygène du sang de *scomber scombrus* à différentes tensions de CO₂.
 Courbe 1 : Tension 1 mm.
 Courbe 2 : Tension 11 mm.
 Courbe 3 : Tension 25 mm.
 D'après Root. Biological Bulletin 1931, 61, p. 437.



Courbe 4. — Courbe de dissociation de l'Oxygène à différents pH du sang de *lophius piscatorius* L. — Biological Bulletin 1933, 64, p. 398, d'après Green et Root.



Courbe 5. — Courbe de dissociation à pH constant du sang d'*Opsanus Tau*. L., d'après Green et Root. — Biol. Bulletin 1933, 64, p. 390.



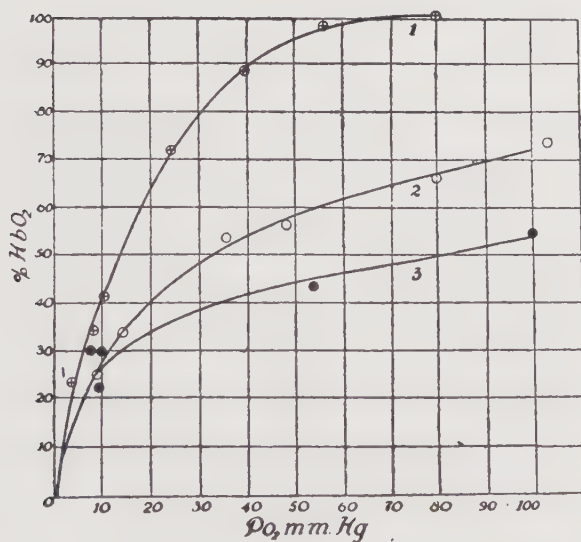
Courbe 6. — Effet du pH sur la capacité en Oxygène à 20°.

Courbe 1 : pour *Prootus carolinus* L.

Courbe 2 : pour le sang de *Scomber Scombrus*.

Courbe 3 : pour le sang d'*Opsanus* Tau L.

D'après Root. — Biol. Bulletin 1931, 61, p. 440.



Courbe 7. — Courbe de dissociation de l'Oxygène pour *Opsanus*

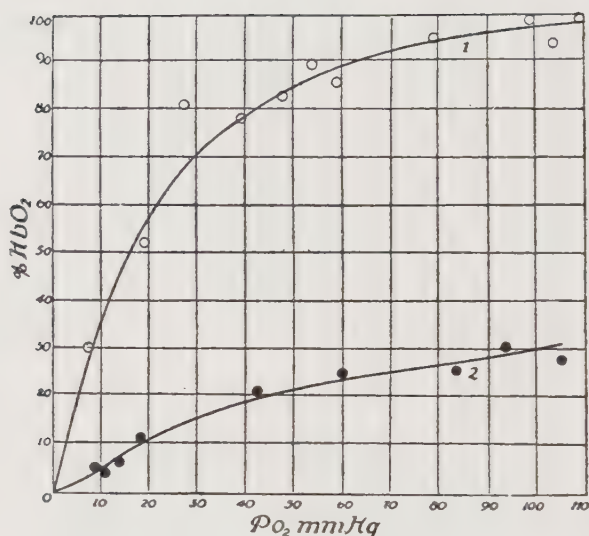
Tau. L. à 20° C. avec des tensions en CO_2 de :

Courbe 1 : 1 mm.

Courbe 2 : 10 mm.

Courbe 3 : 25 mm.

D'après Root. — Biol. Bulletin 1931, 61, p. 432.



Courbe 8. — Courbe de dissociation de *Prionotus carolinus*.
La Courbe 1 tracée pour une tension de CO₂ de 1 mm.
La Courbe 2 tracée pour une tension de 25 mm.
D'après Root. — Biological Bulletin 1931, 61, p. 433.

On voit qu'elles s'abaissent avec le pH. Il est à noter en outre, que, d'après Root, la courbe d'*Opsanus* correspond à une équation qui supposerait que chaque molécule d'hémoglobine se combine avec 4 molécules d'oxygène.

Du côté acide, la pression en CO₂ n'a pas d'effets sur les affinités du sang total d'Elasmobranches pour l'oxygène. Au contraire, dans la zone physiologique, l'effet est appréciable, à peu près la moitié de ce qu'il est chez l'homme.

L'effet de la température sur la courbe de dissolution est, d'après Dill, Edwards et Florkin, la même que chez l'homme.

On désigne par *tension de décharge*, la tension en oxygène pour laquelle le sang est à demi-saturé d'oxygène. D'après cette notion les poissons peuvent être divisés en deux catégories :

a) Les poissons d'eau douce (carpes, anguilles, brochets) qui sont généralement exposés à de basses pressions d'oxygène. Leur tension de décharge est relativement basse 2 à 3 mm. à 15°; toutefois, elle devient plus haute pour une augmentation de CO²; c'est ainsi qu'un accroissement de CO² de 1 %, porte cette tension de décharge à 5,7 mm.

b) Les poissons de mer (la morue, le carrelet) et quelques poissons d'eau douce (la truite) qui, par leur migration, évitent les trop basses pressions d'oxygène, la tension de décharge en l'absence de CO² et à 15° est de 18 mm. chez la morue, de 11 mm. chez le carrelet et la truite. Elle se rapproche ainsi de celle des mammifères. La présence d'une petite quantité de CO² l'élève considérablement.

6° *La saturation en oxygène* du sang artériel dépend, bien entendu, de ces courbes et du milieu dans lesquels on la mesure. Nous savons que celle du maquereau est de 85 % dans un eau de mer contenant 5 % d'oxygène.

IV. — LE CYTOCHROME

Le fer organique des poissons éviscérés a été dosé par Piéry, Enselman et Héry. Ces auteurs ont trouvé une dose de 0,09 %.

V. — LES HYDROGENASES DU MUSCLE

Collett a étudié les déhydrogénases des muscles de poisson. On sait que l'on a conçu un système représenté par des donateurs d'hydrogène, une enzyme et des accepteurs d'hydrogène.

Les déhydrogénases font passer l'hydrogène depuis les donateurs jusqu'aux accepteurs. Dans l'expérience de Collett, les accepteurs sont des acides succinique, citrique, glycérophosphorique, lactique, malique, acétique et butyrique. L'enzyme est fournie par le muscle de *Tautogolabrus adspersus* et l'accepteur du bleu de méthylène qui se décolore au fur et à mesure qu'il reçoit de l'hydrogène. Son degré de décoloration mesure son état de réduction. Tout est fait en milieu tamponné à 36°.

L'auteur se pose la question suivante : existe-t-il une déhydrogénase unique capable d'agir sur tous les donateurs ou existe-t-il des déhydrogénases multiples, chaque donateur ayant sa déhydrogénase spécifique ?

L'auteur constate que le temps de décoloration du bleu de méthylène est sensiblement le même si l'on introduit dans le système un ou plusieurs donateurs. S'il y avait plusieurs enzymes, conclut l'auteur, chacune agirait pour son propre compte et les effets seraient additifs. Le temps de décoloration du bleu de méthylène serait donc plus court avec 2 ou 3 donateurs qu'avec un seul.

Dans une autre publication, Collett et Clarke ont employé une autre méthode de recherche. Ils ajou-

tent au système précédent un poison des déhydrogénases et observent si l'activité de ce poison est différente avec les divers donateurs. S'il y a plusieurs déhydrogénases il y aura probablement des intoxications d'importance différente suivant la déhydrogénase ; le temps de réduction ne sera pas le même avec les différents donateurs.

Les poisons employés sont le phénol, le sélénite de sodium, et l'arséniate de potassium. Les auteurs obtiennent chez le *Carassius auratus* un même ordre de toxicité avec les divers donateurs étudiés. On doit donc en conclure qu'il n'y a qu'une seule déhydrogénase.

VI. — LES TRANSPORTEURS D'HYDROGENE

De son côté, l'hydrogène détaché par les déshydrases des métabolites alimentaires est repris par les transporteurs d'hydrogène et, sans doute, rendu ultérieurement sous une forme activée.

A. — Le glutathion est le plus connu d'entre eux.

a) Il a été étudié chez l'anguille et le congre par Boucher-Firly à différents stades de leur développement : in toto chez les jeunes, dans différents organes chez les grosses anguilles et les congres.

Il trouve ainsi, in toto, une teneur en glutathion de 19.48 pour la civelle dans l'eau douce et 24.75 dans l'eau de mer ; pour l'anguille jaune 10.04 dans l'eau douce, 16.55 dans l'eau de mer ; pour des anguilles de la Sarthe 10 dans l'eau douce, 17 dans l'eau de mer.

Dans le sang, le foie et les organes génitaux, l'auteur a trouvé les résultats suivants :

	Teneur en glutathion		
	sang	foie	organes génitaux
Anguilles du bassin de la Loire :			
eau douce.	34.77	64.84	306
eau de mer (6 jours)	33.75	64	300
Anguilles d'Avalaison du bassin de la Loire :			
eau douce.	30.08	67.30	314
Anguilles de Martigues :			
eau douce.	19.78	82.70	289
Anguilles de Monaco :			
eau de mer (plus. années).	32.60	88.80	214
Anguilles capturées en mer.	41.33	98.26	261
Congres (eau de mer)	9.70	35.08	23

b) Chez les jeunes anguilles, la teneur en glutathion, in toto, diminue à mesure que l'anguille est plus avancée dans son développement et qu'il existe un parallélisme entre cette teneur et la consommation d'oxygène.

c) La teneur en glutathion du sang, du foie et des organes génitaux des grosses anguilles semble indépendante du milieu extérieur.

d) Il existe une différence frappante entre la teneur en glutathion des organes des deux téléostéens apodes très voisins, l'anguille et le congre, ces teneurs étant beaucoup plus faibles chez les congre, surtout dans les organes génitaux.

B. — La flavine. M. Fontaine et Guy Busnel ont recherché la flavine dans la peau de l'anguille. Ils constatent que cette flavine n'est pas libre, en majeure partie du moins, mais liée à un support colloï-

dal, sans doute sous forme de ferment respiratoire jaune de Warburg. Les auteurs ont pu dissocier la flavine de son support colloïdal par immersion prolongée dans l'alcool méthylique et en élevant la température. La fluorescence de la flavine libre apparaît alors. Le fait a permis aux auteurs de localiser la flavine. Celle-ci se trouve dans la couche pigmentée qui comprend les mélanophores et les carotinoïdes. Une étude plus approfondie montre qu'on trouve également de la flavine au contact des mélanophores profonds, soit isolée dans le tissu conjonctif, soit sous forme de bandes discontinues entre le tissu conjonctif et le tissu adipeux.

L'étude de la peau de divers autres poissons (murene, congre, blennie) montre une relation topographique très étroite entre la flavine et les mélanophores. L'auteur en a été amené à émettre l'hypothèse que la fonction de cette flavine est à chercher dans la physiologie des mélanophores. Il ne serait pas impossible, qu'au contact du mélanophore et directement ou non, la flavine ou des corps voisins interviennent dans la médiation chimique adrénalinique.

Cependant, chez *Amiurus Catus* on n'observe ni flavine ni substance à fluorescence bleue, bien que la peau soit particulièrement riche en mélanine.

On peut donc conclure que, dans les téguments de poissons d'eau douce, la flavine et la substance à fluorescence bleue sont, quand elles existent, localisées dans les chromatophores ou au contact de ceux-ci ; mais l'existence de mélanophores n'implique pas

obligatoirement la présence de quantités notables de flavine ou de substance à fluorescence bleue.

Poussant plus avant ces recherches, Fontaine a dosé la flavine dans les différents organes de l'anguille. Il a d'abord dosé la flavine « in toto » et a constaté l'élévation de la teneur en flavine au cours du développement de l'anguille.

	Longueur en cm.	Poids en grammes	Teneur en flavine en γ par gr.
Civelle stade VI A III.	79	0.390	1.8
Jeune anguille jaune..	116	1.625	3.7
Anguille argentée mâle	410	1.15	5.1

La teneur en flavine des différents organes a été étudiée sur la grosse anguille femelle. Voici, exprimée en γ par gramme de tissu frais, la teneur en flavine des organes étudiés :

Sang et muscle : moins de 1 γ ; rate 3 à 4 γ ; branchies 3 à 4 ; cœur 4 à 5,4 ; reins 5 ; ovaire 5,3 à 6 ; foie 7,5 à 10 ; peau du dos : 17 à 26 γ .

L'auteur souligne la très faible teneur en flavine du muscle d'anguille qu'il est intéressant de rapprocher de la très faible respiration en présence de cyanures, signalée par Dixon et Elliott pour les muscles de poissons.

La partie dorsale de la peau d'anguille a une teneur en flavine très élevée. Cette teneur diminue quand on passe du dos aux flancs et arrive à être indosable pour les parties ventrales et bien argentées. L'auteur a trouvé des taux de flavine plus élevés encore dans la peau dorsale des jeunes anguilles mâles argentées (jusqu'à 37 γ pour des anguilles provenant des Martigues et conservées en eau de mer à Monaco). Ce fait est d'autant plus intéressant que la teneur en flavine n'est pas générale chez tous les poissons. On en trouve dans la peau de Murène et de Blennie tandis qu'on n'en trouve pas dans la peau de tanche, de sargue et de Labre. Dans celle-ci, la flavine est remplacée par une substance à fluorescence bleue; de même dans la peau et les écailles de *Cyprinus carpio*, de *Carassius auratus*, d'*Abramis brama* et de *Gobio fluviatilis*.

L'Anguille n'est pas le seul poisson qui contient de la flavine. Fontaine et Busnel en ont également trouvé dans la peau de l'épinoche (*Gasterosteus aculeatus* L. (var. *leirus*) des quantités importantes (17 à 25 γ par gr. de tissu frais). Cette flavine s'y trouve également, en majeure partie du moins, sous la forme d'un complexe non fluorescent. La teneur en flavine de l'épinoche totale (10 à 15 γ) est même sensiblement supérieure à celle de l'anguille totale (4 à 5 γ) et paraît d'ailleurs présenter des variations saisonnières.

Cette similitude biochimique est à rapprocher d'une propriété biologique commune à ces deux poissons : l'euryhalinité. On peut se demander s'il n'existe pas une relation indirecte, entre cette faculté d'adaptation et la richesse en flavine de leurs téguments, téguments qui jouent un rôle si important dans le maintien de l'indépendance osmotique du milieu intérieur vis-à-vis du milieu extérieur.

D'après ce qui précède, il semblerait qu'on doive distinguer deux groupes de poissons, en se plaçant au point de vue de leurs pigments : ceux qui auraient de la flavine et ceux qui contiendraient une substance à fluorescence bleue. Il semble toutefois que cette distinction n'est pas aussi absolue qu'elle pourrait paraître à première vue.

En effet, la fluorescence des extraits riches en flavine provenant des poissons tant marins que d'eau douce, ne présente généralement pas la même nuance que la fluorescence des solutions de flavine pure, mais s'en distingue le plus souvent par une nuance plus ou moins verte ou bleue. Il semble bien d'après une série de réactions qu'on se trouve en présence d'un mélange de flavine et de substance à fluorescence bleue.

VII. — LE METABOLISME DE BASE

L'oxygène consomme ainsi les métabolites par l'intermédiaire de l'hydrogène libéré par les déshydrases et les transporteurs d'hydrogène.

En dehors de toute activité, il se fait une *consommation de base*.

Chez le poisson, ce métabolisme de base a été étudié par différents auteurs. Ce tableau, rapporté par Legendre résume leurs résultats :

Poissons	Poids en grammes	Températ. en degrés	Calories par kg./hre.	Auteurs
Sargus Rondeletti...	66	24.25	1.76	Montuori
Serranus scriba....	4.1	20	0.71	Vernon
Heliasis chromis...	10.4	20	0.76	Jolyet et Regnard
Spharus aurafus....	75	19	0.21	Vernon
Amphioxus.	0.24	20	0.82	Montuori
—	0.18	24.25	0.69	

Par ailleurs, en 1898, Knauth étudiant la carpe a donné les résultats montrant de grandes variations.

On peut utiliser trois méthodes pour mesurer les échanges respiratoires des animaux aquatiques.

La méthode la plus simple consiste dans la détermination élémentaires des changements survenus pendant un temps donné dans la teneur en gaz d'une certaine quantité d'eau renfermant les animaux étudiés.

Les détails et les applications de cette méthode se trouvent dans Humboldt et Provensal (1809), Heuze (1910 a), Montuori (1913), Krogh (1916), Mac Clendon (1917), Powers (1922), Bruce (1926).

Le fait que l'O ait diminué et le CO² et l'N aient été accumulés dans l'eau pendant la période d'observation, rend cette méthode peu satisfaisante. La deuxième méthode est due à l'application d'un principe dû à Regnault. Elle a été employée par Jolyet et Regnard (1877), Grehaut (1886), Zuatz (1901), Bounhiol (1905) et Gardner et Leetham (1914).

Mais des complications et les sources d'erreurs ne manquent pas dans cette méthode. Elle a été l'objet de critiques de la part de Krogh et de Henze.

La troisième méthode pour mesurer les échanges gazeux consiste en ceci: une certaine quantité d'eau contenant des proportions de gaz définies est mise en circulation à travers une enceinte contenant l'animal. On connaît la quantité d'eau qui passe, on sait par une analyse la teneur en gaz de l'eau qui a circulé. On peut donc calculer la quantité de gaz retenu. Cette méthode a été le plus souvent appliquée à l'étude de la respiration dans des cas artificiels tels que celle d'un poisson soumis à l'influence d'un narcotique.

La critique et la mise au point de ces méthodes a été faite par Keys.

Ces échanges paraissent influencés par un certain nombre de facteurs extérieurs. On a notamment discuté la température, la tension en oxygène et la concentration en ions H.

a) Hall a constaté qu'une élévation de température de l'eau qui entoure le poisson s'accompagne d'une augmentation dans la consommation d'oxygène, d'une plus grande quantité d'eau passant à travers les branchies et d'un rythme respiratoire plus rapide.

Le rythme respiratoire qui est de 22 par minute à 12° monte régulièrement à 85 par minute à 22°. L'oxygène consommé qui est de 7 cc. par kg. et par heure à 12° est de 65 cc. par kg. et par heure à 22°. La quantité d'eau passée à travers la cavité branchiale en décilitres par heure passe de 5 pour 12° à 65 pour 22°.

b) Le poisson est aussi très sensible aux variations barométriques. Cette sensibilité se traduit par de grandes différences dans les échanges gazeux et dans son quotient respiratoire. Baudin a fait une série d'expériences sur *Carassius auratus*, à Concarneau sur *Gobius minutus*, *Labrus bergilta*, *Cottus zualis* et *Blennius gattorugine*. Il a constaté que tant que la

pression barométrique est stable, les échanges gazeux varient fort peu.

Dès que le baromètre baisse régulièrement et pendant 24 heures au moins, la consommation d'oxygène diminue quelque peu, le dégagement de CO_2 , diminue beaucoup ; le quotient respiratoire devient très bas.

Le rétablissement de la pression normale et l'accommmodation à la pression basse produisent un effet inverse : faible augmentation de la consommation d'oxygène, fort dégagement de CO_2 , quotient respiratoire élevé.

Il semble que c'est moins l'importance de la dépression que sa durée qui est efficace ; par un mécanisme inconnu l'animal rétablit ses échanges normaux même si la pression reste basse. L'influence d'une surpression barométrique est de minime importance relativement à la dépression. Enfin, si on calcule la moyenne entre les échanges minimes que produit une dépression et les échanges surélevés qui lui succèdent, cette moyenne est équivalente à celle des échanges lorsque la pression est stable.

c) Winterstein, en 1900, dans les Archives de Pflüger, étudie l'influence de la tension en oxygène sur les échanges respiratoires des poissons ; il trouve que la consommation d'oxygène est pratiquement indépendante de la tension d'oxygène même quand celle-ci tombe jusqu'à 2 % de la pression atmosphérique.

Heuze, en 1910, a montré que la quantité d'oxygène brûlé par certains poissons est peu influencée

par la tension en oxygène de l'eau environnante. Gaarder, en 1918, partage la même opinion.

Hall, en 1929, étudie l'influence de la tension d'oxygène sur trois poissons : *Stenotomus chrysops* (L.), *Tetraodon maculatus* (Bloch-Schneider), *Opsanus tau*. Il constate que si l'on fait varier la tension d'oxygène de 10 mm. de mercure à 110, l'oxygène consommé par kilo et par heure, en centimètres cubes, varie aussi, mais ces variations changent avec les individus. Chez *Stenotomus chrysops*, qui est très actif et qui a beaucoup d'hémoglobine, la variation est minime. Chez *Tetraodon maculatus*, qui est d'une activité moyenne et qui a une quantité moyenne d'hémoglobine, la variation est plus forte. Chez *Opsanus tau* qui est très peu actif et qui a peu d'hémoglobine, la variation est rapide. Il passe de 10 cc. utilisé par kg et par heure pour une tension de 20 mm. de mercure à 40 cc. par kg et par heure pour une tension de 110 mm. de mercure.

Le même auteur, Hall, en 1931, conclut qu'à toutes les tensions en oxygène, les poissons absorbent 46 % environ de l'oxygène dissous dans l'eau de mer.

d) Powers, en 1922 et en 1929, Powers et Chippe en 1928, ont montré que la tension en CO_2 et le pH ont un effet prononcé sur la respiration des poissons.

VII. — Ces échanges paraissent soumis à L'ACTION RÉGULATRICE DU CORPS THYROÏDE.

La teneur en iode des tissus thyroïdiens a été recherchée par de nombreux auteurs. Chez les poissons, on relève les résultats suivants qui montrent la grande variabilité de cette teneur dans les différentes espèces.

Poissons	Teneur en iode pour 100 du tissu thyroïdien sec	
<i>Acanthia vulgaris</i>	0.133	Cameron
<i>Gadus aeglefinus</i>	0.031	Burwash
<i>Raia clavata</i>	0.438	Cameron
<i>Raia erinacea</i> (♂).	0.025	Burwash
<i>Raia erinacea</i> (♀).	0.049	—
<i>Raia laevis</i> (♂)).	0.031	—
<i>Raia laevis</i> (♀).	0.048	—
<i>Scyllium canicula</i>	1.160	Cameron

L'action des extraits thyroïdiens et des produits iodés qui en dérivent a été étudiée par de nombreux auteurs. Les résultats peuvent, semble-t-il, se grouper autour de deux chefs.

a) Wickwire et ses collaborateurs placent deux *Carassius aureus* dans des cristallisoirs contenant tous les deux du sucre avec en plus, dans l'un d'eux, des produits thyroïdiens. Après 30 heures, on dose, de part et d'autre, le sucre restant. Les auteurs constatent que les iodures, la thyroxine ont été sans action sur l'utilisation du sucre; par contre, l'addition d'extrait thyroïdien sec a amené une augmentation de 50 % dans cette utilisation.

b) Une action se fait-elle aussi sentir sur les métamorphoses? Rémy apporte une réponse négative. L'iodothyline, la thyroïdine, l'iodoforme, l'iodométhylate d'hexa-méthylène-tétramine sont sans action sur la métamorphose d'*Amnocoetes branchialis* en *Petromyzon planeri*. Par contre, Slover trouve que la thyroïde accélère la métamorphose des *Leptocéphales* en anguilles; là encore l'extrait thyroïdien total paraît agir mieux que ses composants.

VIII. — LES DIPNEUSTRES

Les chimistes ont surtout étudié le *Protopterus Aethiopicus* (Heckel). Ces animaux vivent dans le lac Tchad une vie normale en hiver, puis l'été, ils estivent dans la boue; ils s'entourent d'un cocon de boue qui, en se desséchant, leur fait une protection jusqu'à ce que l'eau soit revenue. Quand on les retire de leur coque, on les voit entourés d'une membrane semblable à du parchemin, insoluble dans l'eau, non hygroscopique. Elle protège le poisson contre la perte d'eau et contre l'infection toujours facile dans ses tissus mal oxygénés.

Smith a étudié en 1930 le métabolisme de ces poissons aux différents moments. Il note: avant l'estivation, le poisson utilise 53 cc. d'oxygène par kilo et par heure (après un jour de jeûne); à la fin de l'estivation, 6 à 7 cc.; après la reprise des mouvements dans l'eau, mais encore à jeûn, 10 à 14 cc.

IX. — Le cas des Dipneustes pose la question du RÔLE DE LA PAROI DE LA VESSIE NATATOIRE DANS LE PASSAGE DES GAZ. Notons tout d'abord que chez certains Crossoptérygiens, chez *Caelacanthus* du Dévonien et chez *Undina* du Jurassique, la vessie natatoire est calcifiée, ce qui peut paraître en contradiction avec son rôle fonctionnel et demanderait une explication.

Grécue a étudié les gaz de la vessie natatoire chez un poisson de Californie, *Porichthys Notatus*.

Biot a montré que les gaz de la vessie natatoire des poissons des profondeurs marines contiennent de

l'oxygène en plus grande quantité que l'air atmosphérique. Bohr étudia la teneur des vessies natatoires de *Gadus calarias* dont la vessie natatoire est privée de conduit et bien isolée. Quand le poisson était en équilibre, les gaz contenaient de 0,2 à 9,6 vol. % d'oxygène. Pris à 14 mètres de profondeur, les gaz analysés immédiatement au moment de l'immersion contenaient 52 % d'oxygène, mais le jour suivant la distension ayant disparu, la vessie natatoire n'avait plus que 10 à 12 % d'oxygène. Wodland publie un grand nombre de figures montrant la constitution histologique de la glande à gaz. Il conclut à une sécrétion d'oxygène.

Porichthys Notatus, qu'a plus particulièrement étudié Grécue, présente une vessie natatoire qui, à mesure qu'on la vide, est remplie par ses corps rouges. Dans toutes les conditions, on a trouvé des teneurs en oxygène plus grandes que celles de l'air, variant de 30 à 88 %. Chez ce poisson, les gaz servent à faire des vocalises; quand ils sont vidés, ils se reforment très rapidement. Les gaz reformés sont peu différents des gaz primitifs.

CHAPITRE X

LES IONS

A. — LES ANIONS

Ont été étudiés les anions suivants :

1° LE CHLORE.

a) *Chez les Téléostéens.* — Atwater a comparé la teneur en Cl d'un poisson marin à celle d'un poisson d'eau douce. Chez l'aiglefin, il a trouvé 31,11 % des cendres en ion Cl et chez le brochet, 4,74 % seulement. De cette observation, il ressort que le poisson marin a plus de Cl dans ses tissus que le poisson d'eau douce.

Rodier, en 1899, a étudié comparativement les liquides organiques des poissons et l'eau de mer naturelle ou artificielle. Ses recherches ont porté sur *Lophius piscatorius* et sur *Orthogoriscus Mola* (Bl.) Le sérum sanguin et la lymphe péritonéale ou péricardique de ces poissons ont une teneur en Cl de 6,15 gr. ‰. L'auteur note que les variations du Cl sont parallèles à celles du point de congélation. Dans l'urine et la bile de ces mêmes poissons, la teneur en Cl est sensiblement moins élevée : on a 5,04 ‰ de Cl dans l'uri-

ne du poisson-lune et 4,75 gr. ‰ dans sa bile. La bile de la baudroie en contient 1,34 gr. ‰ et son sérum 5,61 gr. ‰.

L'auteur estime que, dans le sérum des Téléostéens les chlorures paraissent être les éléments tout à fait prépondérants de la pression osmotique; dans l'urine, ils contribuent encore d'une façon notable à la pression osmotique mais dans la bile, ils peuvent céder le pas à d'autres substances qui sont probablement les sels biliaires.

b) *Chez les Sélaciens*, Rodier constate que le sang, la lymphe et le liquide utérin contiennent des proportions de Cl sensiblement constants pour une même espèce et un même liquide mais toujours notablement inférieurs à la quantité de Cl contenue dans l'eau de mer. Chez la plupart des Sélaciens, tels *Trygon vulgaris*, *Scyllium canicula*, *Scyllium catulus*, *Centrina*, *Galeus canis* et *Raja undulata*, le chlore du sérum et de la lymphe est de 9,30 gr. à 10,2 gr. ‰. Chez la torpille, l'auteur a obtenu en Cl, 13,56 gr. ‰.

Ces chiffres sont beaucoup plus élevés que ceux trouvés dans les liquides homologues des poissons osseux, mais ils ne représentent pourtant que la moitié ou les deux tiers des chlorures de l'eau de mer. De plus, chez un même animal, la lymphe péricardique ou péritonéale et le liquide utérin se sont montrés plus riches en chlores que le sérum.

c) *Influence des variations du chlore du milieu extérieur*. — Kaplanski et Boldirewa ont étudié les variations du Cl dans le tissu musculaire et le sang des carpes et des poissons rouges quand on les place 30 jours

dans des liquides contenant soit 1,5 % de ClNa , soit 2 % de Cl^2Ca . Les auteurs constatent que la teneur en Cl du tissu musculaire ne change presque pas. Chez le poisson-témoin la moyenne de 10 dosages donnait en effet 41,6 mgr. % gr.; chez les poissons ayant vécu 30 jours dans une solution à 1,5 % de ClNa , un même nombre de dosages donnait le chiffre de 41,8 mgr. % gr. Il en était de même d'ailleurs chez les poissons ayant vécu 30 jours dans une solution à 2 % de Cl^2Ca . La teneur moyenne en Cl de leur tissu musculaire était de 42,3 mgr. % gr.

Ces mêmes auteurs ont également fait séjourner des poissons de la même espèce pendant 70 jours dans une solution de ClNa à 1,50 %. Un dosage, à ce moment-là, leur permet de constater que la teneur en Cl du tissu musculaire n'a pas varié. La moyenne de 10 dosages de Cl sur les poissons de contrôle était de 35,5 mgr. %; celle de 10 dosages des poissons en expérience, de 34,5 mgr. %. Il n'en allait pas de même dans le sang. Le taux initial de Cl étant de 243 mgr. %, il passait après les 70 jours de vie dans la solution à 1,5 % de ClNa à 429 mgr. % en moyenne.

Il ressort de cette expérience qu'après un séjour prolongé dans une eau chlorurée à 1,5 %, le Cl du muscle ne varie pas, alors que le Cl du sang a presque doublé.

2° LE PHOSPHORE. — Atwater dosant le P chez les poissons constate que les poissons d'eau douce contiennent une plus grande quantité de phosphore que les poissons d'eau de mer. Chez l'aiglefin, par exem-

ple, il trouve 13,70 mgr. % des cendres en P_2O_5 et chez le brochet, 38,16 mgr. % des cendres.

Fontaine et Mlle Firly étudiant l'influence des changements de salinité sur la teneur du sérum des poissons en P minéral, donnent les résultats suivants :

Pour des anguilles provenant de la Loire et conservées à Paris, en eau douce, la teneur moyenne en phosphore est de 80 mgr. par litre de sérum. Ces mêmes anguilles après un séjour en eau de mer de 3, 6, 11 jours ont une quantité de P de 75, 80, 75 mgr. soit en moyenne 77 mgr. par litre.

Des anguilles provenant des Martigues et conservées à Monaco contenaient, après un séjour de un mois en eau douce, 92,5 mgr. de P par litre. Après un séjour de un mois en eau de mer, elles n'en contenaient plus que 72,5 mgr.; après un séjour de un an dans la même eau, le taux de P tombait à 55 mgr. par litre. On voit que l'augmentation de la salinité augmente très peu la teneur en P minéral du sérum de l'anguille. Il apparaît même qu'un long séjour en eau de mer entraîne une diminution de la phosphatémie.

Fontaine et Mlle Firly ont également expérimenté sur des carpes. La salinité était réalisée progressivement par addition d'eau de mer à l'eau douce et l'oxygénation du mélange soigneusement assurée par un courant d'air comprimé. Les auteurs constatent que jusqu'à une teneur en chlorures d'environ 13 gr. 5, la phosphatémie reste normale (45 à 55 mgr. de P par litre de sérum). Pour des salinités immédiatement supérieures les auteurs constatent une augmen-

tation rapide et considérable de la teneur en P inorganique du sérum.

On voit que chez les poissons sténohalins comme la carpe, l'action des salinités croissantes est d'abord nulle puis elle provoque une augmentation rapide et importante de la phosphatémie pour des salinités immédiatement inférieures à la salinité mortelle.

3° L'IODE.

Nous signalerons les résultats de Tresseler sur deux poissons marins. D'après l'auteur, la morue contiendrait 0,24 % d'iode des cendres et l'aiglefin 0,29 % des cendres.

4° L'ARSENIC. — Dans un mémoire à l'Académie des Sciences, Armand Gauthier rapporte les faits suivants : « Un maquereau frais (*Scomber scombrus*) de 340 gr. fut ouvert, l'intestin et l'estomac vidés par lavage, puis le tout fut détruit par ma méthode. On ne trouva pas trace d'arsenic ».

5° LES SULFATES. — Nous n'avons que peu d'études sur la teneur en sulfate des poissons. Atwater donne pour l'aiglefin le chiffre de 0,31 mgr. pour 100 gr. des cendres et pour le brochet, le chiffre de 2,5 mgr. % de cendres.

B. — LES CATIONS

1° LE SODIUM. — Atwater a trouvé 20,45 mgr. % gr. des cendres de Na (dosé sous forme de Na_2O_2) chez le brochet et 36,51 mgr. % gr. des cendres chez l'aiglefin.

Il semble que les proportions de Na seraient plus grandes chez les poissons de mer que chez les poissons d'eau douce.

Kaplanski et Boldirewa ont déterminé les variations de la quantité de Na du tissu musculaire chez les carpes et les poissons rouges quand on les place 30 jours dans une solution de ClNa à 1,5 %. Ils ont trouvé une variation de la quantité du Na du simple au double. Chez les témoins, la teneur en Na était, en effet, de 98,6 mgr. % gr., tandis qu'elle était de 194 mgr. % gr. chez les poissons en expérience.

Les auteurs remarquent, de plus, que chez les poissons qui sont restés 70 jours dans la solution chlorurée à 1,50 %, la teneur en Na du sérum n'a pas changé. Le poisson-témoin en contenait 123 mgr. % gr., le poisson en expérience 129 mgr. Par contre, dans le muscle, la teneur en Na a passé de 40 mgr. % à 111 mgr. Chez des poissons de même espèce placés dans une solution de Cl^2Ca à 2 %, la teneur en Na du muscle ne semble pas avoir changé.

Mme A. Drilhon a dosé la teneur en Na du muscle d'une carpe ayant séjourné plus ou moins longtemps dans de l'eau de mer à différents points de congélation. Une carpe qui, dans une eau douce de point de congélation $0^{\circ}02$, avait une teneur en Na de 5,980 ‰, en contenait après un séjour de 24 heures dans de l'eau de mer se congelant à $-0^{\circ}90$, 1,25 ‰; après un séjour de 10 heures dans un bain se congelant à $-1^{\circ}02$, 1,75 ‰; et après un séjour de 2 h. 1/2 dans un bain se congelant à $2^{\circ}02$, 1,80 ‰.

Il en résulte que le muscle d'un animal sténohalin

plongé dans un milieu hypertonique voit sa teneur en Na augmenter dans de fortes proportions, 84 % dans l'expérience de Mme A. Drilhon.

Chez l'anguille, au contraire, l'auteur trouve 0,906 ‰ de Na en eau douce. Après un séjour de 2 heures 1/2 dans l'eau de mer, la teneur en Na passe à 1,74 ‰ et après un séjour de un an, elle redescend à 1,02 ‰.

On voit donc que pendant un temps très court (2 à 3 h.) l'anguille paraît se comporter comme la carpe; puis, d'après l'auteur, le mécanisme temporairement altéré d'équilibration se rétablit rapidement et l'autonomie du milieu intérieur s'affirme à nouveau.

2° LE POTASSIUM. — La teneur en potassium du poisson marin semble être inférieure à celle du poisson d'eau douce. Atwater en trouve en effet 13,84 % de cendres chez l'aiglefin et chez le brochet 23,93 %.

Paulant dans une thèse inspirée par Leulier montre que, chez les alevins, de truite arc-en-ciel, on a une fixation continue et proportionnelle du potassium par rapport au poids de ces alevins. Le pourcentage de ce métal alcalin calculé soit sur la substance fraîche, soit sur la substance sèche donne des chiffres sensiblement constants, ayant pour valeur moyenne :

0,280 % tissu frais,

1,35 % tissu sec.

Ce pourcentage calculé par rapport au tissu sec est beaucoup plus régulier, plus fixe que celui du tissu frais.

3° LE MAGNÉSIUM. — Les proportions de magnésium

sont plus grandes chez les poissons d'eau douce que chez les poissons de mer. Atwater donne pour l'aiglefin le chiffre de 1,90 % des cendres, en MgO et pour le brochet le chiffre de 3,81 % des cendres.

Suivant Jolyet, la teneur en magnésium du sérum de quelques vertébrés marins se rapproche de celle de l'eau de mer, tandis que la teneur en magnésium des vertébrés terrestres se révèle inférieure. Et il donne les valeurs suivantes, en mgr. pour 1.000 cc. de sérum : esturgeon : 0,1216; dauphin : 0,118. Jean Velluz, dans sa thèse, rapporte que Bialaszenwicz n'aurait trouvé dans le sérum des sélaciens qu'une faible teneur en magnésium. Mme A. Drillhon, dans des expériences sur des carpes, constate que, au-dessus de certaines concentrations du milieu extérieur correspondant à une valeur supérieure au Δ critique, le sang s'enrichit en sels et notamment en Mg.

Le muscle d'une carpe qui, dans une eau se congelant à $-0^{\circ},02$ contenait 0,010 ‰ de Mg, en contenait 0,0225 ‰ après un séjour de 2 h. 1/2 dans une eau de mer se congelant à $-2^{\circ}02$. L'augmentation était d'environ 120 %.

4° LE CALCIUM. — La teneur en Ca de l'aiglefin, d'après Atwater, serait de 3,39 % des cendres en CaO; celle du brochet de 7,38 % des cendres. Katz a donné des résultats un peu différents.

a) *Le calcium musculaire.* — Kaplanski et Boldirewa étudient les variations de la teneur en substances minérales du tissu musculaire des poissons avec l'augmentation de la concentration en sels minéraux

du milieu où ils vivent. Ils notent que la teneur en Ca du tissu musculaire de carpes et de poissons rouges qui, en eau douce était de 55,8 mgr. en moyenne, passait à 127,9 mgr. chez ces mêmes poissons ayant séjourné 30 jours dans une solution à 2 % de CaCl_2 .

Mme A. Drillhon note, de son côté, que le muscle d'un poisson sténohalin plongé dans un milieu hypertonique, voit sa teneur en sels augmenter, celle du calcium notamment qui augmente de 56,6 % environ.

Chez l'anguille, au contraire, elle note tout d'abord une légère augmentation. Le taux initial étant de 0,190 ‰ il passe après un séjour de 2 h. 1/2 en eau de mer à 0,208 ‰ se rapportant à 1.000 gr. de tissu frais. Après un séjour de un an en eau de mer il y a presque retour au taux initial; on a en effet le chiffre de 1,908 ‰.

b) *Le calcium sanguin.* — Hess, Bills, Weinstock et Rivkin ont montré que chez la morue, la femelle a une calcémie plus élevée que le mâle, mais les œufs étant plus riches en Ca, on peut voir là l'explication de cette hypercalcémie.

Fontaine et Portier ont donné une série de mensurations indiquant la teneur en Ca du sérum de divers poissons. Nous allons les rapporter en mgr. par litre.

Sélaciens : *Scylliorhinus canicula* ♂ 165 ; *Scylliorhinus canicula* ♀ 175 ; *Mustelus asterias* 260 ; *Raia batis* : 180 ; *Raia clavata* : 210.

Téléostéens : *labrus bergylta* ♂ 120 ; *labrus bergylta* ♀ : 105 ; *Pleuronectes platessa* : 145 ; *Conger vulgaris* : 200 ; *Trigla lineata* ♂ : 310 ; *Triplo lineata* ♀ : 300.

Ces mêmes auteurs donnent les chiffres suivants pour les globules de deux espèces (toujours exprimés en mgr. par litre) : *Conger vulgaris* 42 ; *Mustelus asterias* : 55.

On voit qu'il n'y a pas de différence entre les poissons osseux et les poissons cartilagineux. On voit aussi l'énorme supériorité du Ca sérique sur le Ca globulaire. Les protéines augmenteraient la solubilité du calcium aussi bien dans les sérums vrais que dans les sérums artificiels par formation de complexes non ionisés ou faiblement ionisés. Fontaine et Bouchier Firly en collaboration avec P. Portier ont dosé le calcium sérique d'un certain nombre de poissons marins. Voici rapprochées dans un tableau, les teneurs en protéines et les teneurs en calcium.

	Calcium en mgr. par litre de sérum	Protéines en gr. par litre de sérum
Labre.	113	25.85
Roussette.	173	28
Raie.	191	34
Congre.	205	44.50

On constate que les poissons classés par calcémies croissantes se trouvent automatiquement classés par teneurs en protéines croissantes.

5° LE CUIVRE. — Dès 1847, le Cuivre a été signalé chez les Elasmobranches (Acanthias) et chez les Téléostéens (Zeus et Congre) par Harless. Ce métal a été dosé chez les poissons par Parks et Rose qui en ont trouvé de 0,14 à 0,41 pour 100 des cendres. Rose et Bodansky ont analysé 20 specimens de poissons communs et ont noté la présence de Cu dans 19 d'entre eux; et encore, dans le cas où le Cu est absent, la quantité de matériel était trop minime pour une analyse sérieuse. Voici le résultat des dosages de ces auteurs :

Pour les Elasmobranches. — Torpedo : 3,5 mg. de Cu par kg.; sting ray : 5,2.

Pour les Téléostéens. — Mullus : 2,8 ; Squalina angelus : 4,2 ; Squalus : traces ; Croaker : traces ; Pigfish : néant ; Merlangus vulgaris : 1,0 ; Yellow tail : 2,7 ; Flounder : 2,2 ; Salmo salar : 1,8 ; Carassius auratus : 2,0 ; Labrus bergilta : 2,5 ; Tarpon : 2,4.

Severy qui a dosé le cuivre chez le Saumon, en a trouvé 4,00 mgr. par kilog.

6° LE ZINC. — Le zinc a été dosé chez le poisson, notamment par Bodansky qui donne les chiffres suivants en mgr. pour 1.000 gr. de substances sèche.

Mullus : 2,50 ; Carassius auratus : 2,80 ; Labrus bergilta : 5,58 ; Croaker : 6,40 ; Squalus acanthias : 7,40 ; Tarpon : 7,60 ; Squalina angelus : 7,80 ; Pigfish : 8,40 ; Yellow tail : 8,50 ; Labrus bergilta : 9,60 ; Salmo salar : 10,20 ; Flounder : 11,60 ; Squalus : 127,00.

On voit que le poisson-chat en renferme de très grosses quantités. Ce zinc n'est pas lié à la présence de glandes à poison. Celles-ci, en effet, analysées séparément donnent le chiffre de 4,76 mgr. par kg. alors que le reste de l'animal en contient 165 mgr. 36 par kg.

Quant à Severy, il trouve 8,00 mgr. par kilog de saumon frais dans deux dosages consécutifs.

7° NICKEL. — A notre connaissance, aucun dosage de ce métal n'a été réalisé chez le poisson.

Toutefois, Thomas A. a signalé que Fundulus hétéroclytus absorbe très rapidement le Nickel qui lui est offert sous forme de Cl^2Ni . Il signale, de plus, que dans l'eau de mer le Ni n'est pas toxique mais qu'il l'est, au contraire, dans l'eau pure.

8° LE FER. — Le fer est peu abondant dans la chair blanche et exsangue des poissons. Okuda a trouvé

0,7 pour 100 de Fe_2O_3 dans les cendres des muscles blancs, et 1,3 pour 100 dans celles des muscles rouges de thons du Japon. Parks et Rose indiquent une plus grande teneur chez les poissons de mer que chez ceux d'eau douce. Piery, Enselme et Héry indiquent pour les Epinoches les taux de fer suivants : fer total : 0,14 ‰ de tissu sec; fer organique : 0,046 ‰ de tissu sec.

C. — LA CONSTITUTION DES LIQUIDES DE L'ORGANISME

I. — LES ELASMOBRANCHES.— Smith a étudié la teneur en ions des liquides de l'organisme de différents Elasmobranches.

D'après lui, la teneur en ions du plasma de *Raja stabuloforis* mâle est la suivante, en millimolécules par litre :

Sodium : 261 ; Potassium : 5,1 ; Ca : 3,8 ; Mg : 2,9 ; Cl : 244 ; SO_4 : trace ; Po^4 : 1,1 ; CO_2 : 5,8 ; urée : 12,45 mg. pour 100 cc.

Chez ce même poisson, la teneur en ions du liquide cérébrospinal est en millimolécules, par litre :

Na : 262 ; K : 4 ; Ca : 3,46 ; Mg : 0,9 ; Cl : 253 ; SO_4 : trace ; Po^4 : 1,0 ; CO_2 : 5,5 ; urée : 1.220 mg. pour 100 cc.

Le liquide périviscéral contient, de son côté : Na : 285 ; K : 5,2 ; Ca : 1,8 ; Mg : 20,0 ; Cl : 301 ; SO_4 : 9,6 ; Po^4 : 0,3 ; CO_2 : 0,4 ; urée : 1.162 mg. pour 100 cc.

Le liquide péricardial : Na : 335 ; K : 19,6 ; Ca : 0,6 ; Mg : 1,5 ; Cl : 369 ; SO_4 : trace ; Po^4 : 0,2 ; CO_2 : 0,3 ; urée : 1.013 mg. par 100 cc.

La glande de Marshall : Na : 478 ; K : 4 ; Ca : trace ; Mg : 0,0 ; Cl : 314 ; SO_4 : 29,2 ; Po^4 : 0,0 ; CO_2 : 102 ; urée : 432 mg. pour 100 cc.

Quant au contenu gastrique, sa teneur en ions serait la suivante :

Na: 303 ; K: 2,4 ; Cl: 274 ; SO⁴: 105,0 ; Po⁴: 0,0 ; urée: 1.245 mg. pour 100 cc.

Chez *Raja stabuloforis* femelle, Smith a trouvé les résultats suivants :

Plasma : Na: 236 ; K: 4,5 ; Ca: 2,9 ; Mg: 2,4 ; Cl: 230 ; SO⁴: trace ; Po⁴: 0,7 ; CO²: 7,16 ; urée: 1.300 mg.

Liquide périviscéral : Na: 274 ; K: 6,4 ; Ca: 3,8 ; Mg: 14,0 ; Cl: 324 ; Po⁴: 0,0 ; CO²: 0,3 ; urée: 1.250 mg.

Liquide péricardial : K: 22,0 ; Ca: 0,8 ; Mg: 5,0.

Bile : Na: 322 ; K: 5,7 ; Ca: 4,2 ; Mg: 3,9 ; Cl: 212 ; SO⁴: trace ; Po⁴: 0,0 ; Co²: 19,1 ; urée: 1.250 mg. par 100 cc.

Chez *Raja diaphanus* femelle, la teneur en ions est la suivante :

Plasma: Na: 237 ; K: 6,8 ; Ca: 5,1 ; Mg: 3,5 ; Cl: 227 ; SO⁴ 3,1 ; Po⁴: 1,4 ; CO²: 5,6. Azote non protéique : 1070 ; urée: 1052 ; N aminé: 9,4 ; créatinine: 0,5 ; créatine: 1,4 en mg. pour 100 cc.

Liquide périviscéral: Na: 155 ; K: 6,2 ; Ca: 3,2 ; Mg: 14,0 ; Cl: 188 ; SO⁴: 8,0 ; Po⁴: 0,7. Urée: 737 ; NH³: 10,0 ; azote aminé: 1,3 ; créatinine: 0,3 ; créatine: 1,1 en mg. pour 100 cc.

Liquide cérébrospinal : SO⁴: 0,4 ; Po⁴: 0,9 ; CO²: 4,6. Azote non protéique: 681 ; urée: 555 ; créatine: 0,8 en mg. pour 100 cc.

Bile: Na: 170 ; K: 6,2 ; Ca: 10,9 ; Mg: 5,3 ; CO²: 3,7.

Chez *Carcharias littoralis* mâle Smith a trouvé les chiffres suivants :

Plasma : Na: 266 ; K: 5,5 ; Ca: 5,5 ; Mg: 2,3 ; Cl: 234 ; SO⁴: 0,5 ; Po⁴: 0,5 ; CO²: 10,2 en millimolécules par litre. Azote non protéique: 1102 ; urée: 1072 ; NH³: trace ; Azote aminé: 6,5 ; créatinine: 0,4 ; créatine: 0,9 mg. pour 100 cc.

Liquide périviscéral : Na: 276 ; K: 8,9 ; Ca: 5,6 ; Mg: 21,4 ; Cl: 306 ; SO⁴: 1,25 ; Po⁴: 0,6 ; CO²: trace. Azote non protéique: 1015 ; urée: 996 ; NH³: 12,69 ; créatine: 1,2.

Liquide péricardial : Na: 290 ; K: 9,3 ; Ca: 2,7 ; Mg: 2,6 ; NH³: 3,3 mg. pour 100 cc.

Liquide cérébrospinal : CO^2 : 10,5 ; urée: 890 mg. pour 100 cc.

Chez *Mustelus canis* mâle :

Plasma : Na: 270 ; K: 4,4 ; Ca: 5,1 ; Mg: 2,9 ; Cl: 237 ; SO^4 : 2,6 ; Po^4 : 3,5 ; CO^2 : 11,5. Azote non protéique: 1180 ; urée: 1120 ; azote aminé: 9,2 ; créatine: 0,7 mg. pour 100 cc.
Liquide cérébrospinal : CO^2 : 10,0.

Chez *Mustelus canis* femelle :

Plasma : Na: 270 ; K: 5,6 ; Ca: 5,8 ; Mg: 3,0 ; Cl: 230 ; SO^4 : 1,79 ; Po^4 : 3,4 ; CO^2 : 11,6. Azote non protéique: 1070 ; urée: 1010 ; azote aminé: 5,3 ; créatine: 0,7 mg. pour 100 cc.

Liquide cérébrospinal : Na: 270 ; K: 6,0 ; Ca: 4,0 ; Mg: 1,0 ; Cl: 260 ; SO^4 : 1,0 ; Po^4 : 1,7 ; CO^2 : 77. Azote non protéique: 00 ; urée: 840.

Liquide périviscéral : NH^3 : 10,0.

Liquide péricardial : NH^3 : 0,3.

On voit que les cavités péricardiques et périviscérales des Elasmobranches contiennent des liquides qui sont extrêmement acides et qui peuvent différer d'une façon importante du plasma. Elles diffèrent aussi les unes des autres en ce qui concerne l'urée, le sodium, le potassium, le calcium, le magnésium, les sulfates, les chlorures et les bicarbonates.

Le liquide périviscéral et le liquide péritonéal peuvent être rejetés à travers les pores abdominaux, ce qui leur confère peut-être un rôle excréteur.

Le liquide cérébrospinal est approximativement un ultra-filtrat du plasma.

L'urée qui a un rôle très spécial chez ces poissons a des concentrations très différentes suivant le liquide; bien qu'il soit approximativement distribué également par kilogramme d'eau entre le plasma et les tissus.

B. TÉLÉOSTÉENS. — Une analyse comparée du sérum et des urines de *Lophius piscatorius* rapportée par Marshall et Grafflin, nous fournit quelques renseignements :

	Sérum M/1.000 par litre	Urine M/1.000 par litre
Total CO ²	7,1	1,1
Cl.	191	226
SO ⁴	1,2	43,8
PO ⁴	6,4	1,5
Na ⁺	201	117
K ⁺	121	2,8
Ca ⁺⁺	3,5	11,8
Mg ⁺⁺	1,0	95,4
Urée.	0,5	0,5
Créatinine.		0,1
Acide urique.	0,05	0,1
Créatine.	0,05	2,0

CHAPITRE XI

L'EAU

L'étude de l'eau dans les tissus du poisson doit être considérée comme l'expression particulière de faits très généraux dépassant de beaucoup le cadre de cette classe d'animaux.

Cette étude a été réalisée par Nicloux et Gosselin en 1933. Puis elle a fait l'objet de nouvelles recherches et de nouvelles publications de Nicloux depuis cette date jusqu'à 1939.

Ne voulant pas sortir du sujet que nous nous sommes fixé, nous ne rapporterons ici que les faits et les conclusions qui concernent le poisson.

Linderberg étudiant le coefficient de partage de l'alcool trouve une valeur extrêmement basse telle que l'on a :

$$\frac{\text{Quantité d'alcool dans l'unité de volume d'huile } 3}{\text{Quantité d'alcool dans l'unité de volume d'eau } 100} = 0,03.$$

Devant ce fait, Nicloux pense que, de même que le chloroforme se fixe uniquement sur les lipides de l'organisme, l'alcool, de son côté, se fixe uniquement sur l'eau de l'organisme. Ainsi l'eau, et l'eau seulement, en première et suffisante approximation règlera la proportion d'alcool fixé.

In vitro, cette hypothèse se vérifie complètement. Si l'on immerge des sacs de collodion contenant des liquides organiques divers : sang, ovalbumine, lait, etc., dans un milieu très faiblement alcoolisé (2 à 5 %) un équilibre s'établit. A ce moment, la teneur en alcool rapportée à l'eau seule du liquide des sacs est égale à la teneur en alcool du milieu extérieur. Leur rapport est égal à l'unité.

Au contraire, chez les poissons placés dans ces mêmes milieux, la teneur en alcool de l'eau tissulaire est inférieure à celle du milieu extérieur. Ce fait reste vrai qu'il s'agisse d'animaux entiers ou de tissus différenciés, foie ou muscle.

Le rapport de la première teneur à la seconde n'est plus égal à l'unité, il oscille autour de 0,85 à 0,90. Diverses hypothèses ont été émises pour expliquer ce phénomène. Nicloux successivement a réfuté les hypothèses qui consistent à supposer :

a) que l'équilibre n'est pas atteint au moment du sacrifice des animaux ;

b) que la cellule se ferme pour une quantité déterminée d'alcool ;

c) que l'alcool est brûlé *in situ* et échappe ainsi à l'analyse.

Nicloux pense, au contraire, devoir accepter l'hypothèse suivante : une partie de l'eau des tissus est imperméable à l'alcool. Tout se passe comme si elle ne contribuait en rien à dissoudre puis à fixer l'alcool qui diffuse du milieu extérieur vers les tissus. Cette eau est dans une proportion de 14 % chez le goujon. Comme la substance sèche du goujon est presque uni-

quement constituée par des protéines ; il est probable que c'est par ces corps que l'eau imperméable à l'alcool est fixée. Nicloux calcule que sa quantité représente, en général, 50 % du poids des protéines.

I. — L'ÉTAT OSMOTIQUE

L'état osmotique normal des divers poissons a été bien décrit par Portier. Il faut distinguer suivant l'embranchement :

1° *Chez les Elasmobranches du milieu marin.* — Le milieu intérieur de ces poissons a une concentration moléculaire sensiblement égale à celle du milieu extérieur, à l'eau de mer. Il lui est même quelquefois légèrement supérieur. Ainsi pour le sang de la Roussette, on obtient les chiffres ci-dessous : eau de mer : 2°08 et 2°15 — sang : 2°17 et 2°23.

Cette concentration moléculaire est surtout due à l'urée qui, chez ces Poissons, atteint des chiffres de 20 à 25 grammes par litre.

Grâce à cette égalisation des milieux, les échanges aqueux entre lui et l'extérieur sont minimes et le rein travaille peu.

2° *Chez les Elasmobranches d'eau douce.* — Il existe quelques Elasmobranches d'eau douce. L'urée de leur sang n'atteint plus que 7,8 gr. pour 1.000 chez *Pristis microdon*. Cependant la concentration moléculaire de leur sang reste très supérieure à celle du milieu chez le même Elasmobranché, on a 10 gr. de NaCl par litre. Le Δ du sérum est de 1°02 et le

Δ de l'eau douce n'est que 0°02. Leur urine est très hypotonique par rapport à leur sang. Ils ont été malheureusement encore insuffisamment étudiés.

3° *Chez les Téléostéens marins.* — Leur concentration moléculaire varie de 0°63 à 1°04 suivant les espèces, et chez une même espèce la concentration moléculaire du sang est fonction de la concentration de l'eau de mer environnante.

Ainsi, pour *Gadus morrhua*, Dekuysen a trouvé les chiffres suivants :

Amsterdam	$\Delta = 0,644$
Bergen	$\Delta = 0,729$
Leyde	$\Delta = 0,811$

Les poissons marins ont donc une concentration moléculaire nettement inférieure à celle du milieu marin qui est de 2° environ. Dans cette pression intérieure, des Téléostéens, les sels représentent environ 75 % de la concentration moléculaire totale.

Smith a montré que le Téléostéen marin absorbe de l'eau de mer par le tube digestif. Les sels de cette eau, après avoir pénétré dans le milieu intérieur, sont en grande partie rejetés dans le milieu extérieur par la branchie qui posséderait des cellules différenciées pour ce travail. Il ne reste donc, dans le milieu intérieur, que de l'eau peu chargée de sels.

Le rein sécrète une urine isotonique au sang, mais il n'en sécrète qu'une quantité faible, 3 cc. environ par kg en 24 heures (ce qui correspond à 180 cc. pour un homme).

Portier, à qui nous empruntons ces renseignements, conclut : « En somme, l'eau pure qui fait défaut aux

Téléostéens marins serait extraite de l'eau de mer grâce au travail de la branchie ». On sait, par ailleurs, que chez des Téléostéens marins qui éliminent une urine rare et isotonique au sang, les glomérules diminuent considérablement de nombre, ont une tendance à l'atrophie et même parfois disparaissent complètement.

4° *Les Téléostéens d'eau douce.* — Chez les Téléostéens d'eau douce : carpe, barbot, la concentration moléculaire est aux environs de 0°50, alors que le Δ de l'eau douce est de 0°02; les poissons deau douce ont donc une concentration moléculaire très supérieure à leur milieu. Chez eux encore, cette concentration est en grande partie obtenue grâce aux sels.

En vertu des lois de l'osmose, l'eau ambiante tend à pénétrer constamment dans l'organisme du poisson à travers la branchie ou même par les parois du tube digestif. Il en pénètre une quantité sans doute considérable. Pour l'éliminer, le poisson est obligé d'en excréter de 100 à 300 cc. par kg et 24 heures (ce qui correspondrait pour un homme de 60 kgs à une élimination journalière de 6 à 18 litres). Chez ces Téléostéens d'eau douce, les glomérules rénaux sont nombreux et bien développés. Le travail du rein amène une consommation en oxygène un peu plus élevée.

II. — LES VARIATIONS BIOCHIMIQUES OBSERVEES LORS DU CHANGEMENT DE SALINITE DES MILIEUX DANS LESQUELS VIVENT LES POISSONS

Il est un certain nombre de poissons qui supportent facilement les changements de salinité. On les dit euryhalins ; tels sont, par exemple, l'anguille, le saumon, l'épinoche.

D'autres présentent des accidents ; ils sont dits sténohalins. Ils doivent être étudiés séparément.

1° *Les poissons sténohalins.* — Une série de carpes sont portées dans des solutions salines de plus en plus concentrées. Au bout de quelques heures de séjour dans le nouveau milieu, elles sont sacrifiées et l'on détermine la concentration moléculaire de leur sang par la méthode cryoscopique. Le sang qui avait, dans l'eau douce, un Δ de $0^{\circ}50$, augmente de concentration moléculaire en fonction de celle du milieu extérieur mais, cependant, bien moins vite que celle-ci, de sorte que les deux milieux deviennent équimoléculaires pour le Δ $0^{\circ}61$. Jusqu'à ce point, le poisson diminue de poids assez lentement, il ne semble perdre que de l'eau par la branchie et il se conserve en bon état.

Pour des concentrations plus fortes du milieu extérieur, la concentration moléculaire du sang continue à augmenter mais reste inférieure à celle du milieu ambiant.

La concentration du milieu intérieur qui correspond à $0^{\circ}90$ est une nouvelle étape, mais cette fois,

critique. Le poids du poisson augmente de nouveau, bien que l'augmentation de concentration moléculaire du sang s'accroisse, et le poisson meurt.

Il semble que pour cette concentration de 0°90 la branchie soit forcée et que les sels pénètrent dans le sang.

Si l'on fait passer la carpe dans des solutions salines progressivement croissantes, en mettant un intervalle de 10 à 50 jours entre les diverses étapes du changement de salinité, la carpe a alors le temps de réagir et on constate que sa concentration moléculaire ne dépasse jamais celle du milieu ambiant.

On voit, en effet, que la courbe qui correspond à cette seconde expérience ne traverse pas la bissectrice, elle lui reste asymptote, ce qui signifie que, à partir de la concentration 0°61, les deux milieux externe et interne restent à concentration égale. Dans ce cas la carpe supporte une salinité plus considérable. Elle meurt seulement lorsque les deux milieux sont à 1°04 (au lieu de 0°90 pour l'adaptation brusque).

2° *Les Euryhalins* passent sans dommage de l'eau de mer dans l'eau douce ou réciproquement. Labbe a décrit les phases de l'adaptation résumées d'après les travaux de Beudan, Paul Bert, Plateau, de Varigny, Frédéricq, Gogorza, de Vries, Ferrouillère, etc. Le passage de l'eau de mer à l'eau sursalée ou à l'eau douce se laisse ramener à deux phases consécutives, une d'excitation, une de narcose.

a) Phase d'excitation, avec spasmes musculaires, exagération de réflexes, autotomies, où la tension su-

perficielle joue un rôle important, excitation osmotique qui est une conséquence directe de l'inégale répartition des ions H de part et d'autre de la membrane et des cations surtout de Na et K, Ca et Mg.

b) Puis une phase de narcose : cessation de mouvements et abolissement de la sensibilité et de la motricité, phénomène qui ne sont pas forcément irréversibles. La rigidité osmotique tout à fait comparable aux rigidités thermique, lumineuse, électrique est le terme de cette deuxième phase.

Différents mécanismes ont été invoqués pour expliquer les possibilités d'adaptation.

1° L'anguille d'eau douce a, d'après Duval, une concentration moléculaire sensiblement plus élevée que celle des poissons sténohalins. Son Δ oscille autour de 0°65. Quand on la fait passer dans l'eau de mer, sa concentration moléculaire augmente toutefois plus lentement que chez la carpe placée dans les mêmes conditions. Si on essuie l'anguille et si on enlève le mucus qui la protège, sa concentration moléculaire interne varie beaucoup plus que celle de l'anguille normale et bientôt, comme l'avait fait remarquer Paul Bert, elle meurt. Ainsi le mucus semble protéger l'animal contre une augmentation trop rapide de son Δ .

Fontaine et Mme Boucher-Firly montrent qu'au fur et à mesure que les anguilles séjournent dans l'eau de mer, leur réserve alcaline diminue. La diminution est surtout rapide au début. Voici, d'ailleurs, les teneurs en CO² publiées par ces auteurs :

Après un séjour de 2 heures : 40,20 ; après 4 h. : 37,55 ; après 5 jours : 23,18 ; après 10 jours : 22,15 ; après 14 jours : 22,41 ; enfin après 35 jours : 18,91.

Mme Drillhon et G. Florence retrouvent ces modifications sur la courbe des coefficients tampons. En outre, ils notent que chez une anguille essuyée, le tamponnement baisse avec une extrême rapidité. Chez une anguille essuyée, la courbe, en quelques heures, en vient à rappeler celle d'une anguille adaptée à l'eau de mer depuis de longues années.

2° Nous avons vu que Nicloux avait montré l'existence d'une eau liée sans doute aux protéines. Mme Boucher-Firly a montré que l'anguille passant de l'eau douce dans l'eau de mer, les matières protéiques de son sang diminuent dans des proportions très importantes (25 à 40 %). Cette diminution est progressive et réversible. Il résulte de cela « que l'anguille d'eau douce a, dans son sang, une concentration saline un peu moins forte que l'anguille qui vit dans l'eau de mer, mais par contre, une plus grande proportion d'eau liée aux protéines, de sorte que, par rapport aux éléments anatomiques baignés dans le sang, il y a probablement une sorte de compensation » (Portier). Cette variation ne se produit pas chez le congre, poisson voisin de l'anguille mais non adapté aux changements de salinité.

3° L'épinoche présente un autre type d'adaptation.

Si l'on place un goujon, poisson d'eau douce non adapté, dans de l'eau salée, on le voit diminuer de poids progressivement et cette perte de poids se maintient. Le poisson a obéi aux lois de l'osmose.

Mais si l'on place l'épinoche dans l'eau de mer on constate qu'elle diminue elle aussi de poids ; mais au bout d'une heure une réaction se produit, l'épinoche

cesse de perdre du poids puis bientôt augmente, récupère son poids primitif et le dépasse même.

Dans la première phase, l'animal a obéi aux lois de l'osmose. Puis la branchie s'est modifiée au contact de la solution saline et a laissé pénétrer dans le milieu intérieur, des ions salins, d'où attraction de l'eau dans le milieu interne.

Ainsi la membrane de la cellule se comporte, en première approximation, comme une membrane semi-perméable. Mais, dit Portier, ce n'est pas une membrane inerte. Sous l'influence de certains facteurs, elle peut se modifier et laisser passer les ions ou les molécules qu'elle arrêtauparavant. Elle peut récupérer ensuite ses propriétés primitives ; le phénomène est réversible.

CHAPITRE XII

L'EQUILIBRE ACIDE-BASE

Nous envisagerons dans ce chapitre successivement les divers points suivants :

I. — LA RESERVE ALCALINE

a) Sa valeur a été fixée par Collip qui, dès 1920, nous a donné une série de chiffres indiquant la réserve alcaline du plasma et du sang total des divers Poissons. Voici les résultats fournis par cet auteur :

Nous allons exposer ces résultats en CO_2 pour 100 cc. de sang par le moyen de 2 chiffres, le premier représentant les valeurs obtenues sur du sang équilibré avec l'air atmosphérique, le second sur du sang équilibré avec l'air alvéolaire.

Ganoïdes : *Entosphenus tridentatus* : 9,4 (plasma).

Elasmobranches : *Squalus sucklii* : 5,6 ; 13,5 (plasma et sang complet); requins : 9,3 ; 16,2 (plasma); *hydrolagus coliei* : 3,7 ; 11,2 (sang complet); *hydrolagus coliei* : 4,8 (plasma).

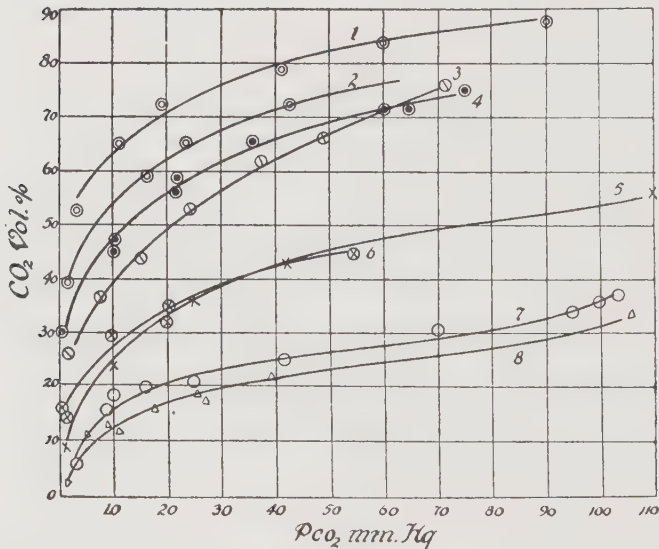
Téléostéens : *Enophrys bison* : 12,6 ; 24 (sang complet); *Enophrys bison* : 11,4 ; 19,6 (sang complet). *Anoplarchus atropurpureus* : 7,0 (sang complet); *Phanerodon furcatus* :

Poissons d'eau douce : *Cyprinus carpio* : 41,4 ; *Tinca vulgaris* : 35,7 ; *Esox lucius* : 37,4 ; *Anguilla vulgaris* : 48.

Porichtys notatus : 10,8 (sang complet); *Sebastodes* : 8,3 (sang complet); *Sébastodes* : 11,2 (plasma); *Clupea harengus* : 11,2 (plasma); *Platichthys stellatus* : 10,2 (plasma); *Thaumophis* : 35,0 (sang complet).

Collip, dans ses conclusions, montre que la teneur en CO_2 du sang des Téléostéens marins est approximativement de 10 volumes pour 100 ; la teneur en CO_2 du sang des Elasmobranches est relativement très faible.

b) Adaptation aux variations de CO_2 de l'eau.



Courbe 10. — Courbes d'absorption de CO_2 pour différents animaux (sang réduit sauf pour la tortue).

Courbe 1 et 2 : sang de tortue à 25°C .

Courbe 3 : sang humain à 15°C .

Courbe 4 : sang de grenouille à 15°C .

Courbe 5 : sang de *Scomber scombrus* à 20°C .

Courbe 7 : Sang de *Prionotus carolinus* à 20°C .

Courbe 8 : sang d'*Opsanus tau* à 20°C .

D'après Root. — Biological Bulletin 1931, 61, p. 450.

Powers a montré que certains poissons sédentaires sont capables de faire varier la réserve alcaline de leur sang quand varie la tension du gaz carbonique de l'eau. Au contraire, cette possibilité n'existerait pas,

ou tout au moins serait très réduite chez les poissons migrateurs comme le hareng.

Powers et Logan trouvent que la réserve alcaline du sang de la perche vivipare s'accroît quand augmente le CO_2 du milieu externe et diminue quand le CO_2 décroît.

Par contre, Jobes et Jewel ont étudié la réserve alcaline de l'*Americanus nebulosus* vivant, soit dans des eaux acides ou neutres (pH de 6,2 à 7,2), soit dans des eaux alcalines (pH de 8,4 à 8,6). Ils ne trouvent aucune relation entre la réserve alcaline du milieu intérieur et le pH de l'eau. Ces auteurs font remarquer que des individus d'une même espèce, pris dans une même eau, au même moment, peuvent présenter d'importantes différences dans leurs réserves alcalines.

Kokubo a déterminé la réserve alcaline de quelques poissons. Ces chiffres portent sur le sang total. Il a étudié, de plus, l'acidose et l'alcalose chez *Leuciscus* et *Cyprinus*.

c) Adaptation aux eaux douces ou salines.

Fontaine et Mme Boucher-Firly, en 1933,, par la méthode de Haldane, ont mesuré le CO_2 total exprimé pour 100 cc. de plasma d'un certain nombre de poissons. Leurs résultats sont les suivants (nous rappelons seulement les moyennes) : 36 mensurations ont été pratiquées portant sur 14 espèces.

Poissons marins : Elasmobranches : *Scylliorhinus canicula* 6,4 ; *Raia clavata* : 5,92.

Téléostéens : *Motella tricirrata* : 8,66 ; *Merlangus pollachius* : 12,91. *Gadus luscus* : 14 ; *labrus bergylta* : 12,10 ; *Conger vulgaris* : 13,10 ; *anguilla vulgaris* : 13,4.

Poissons potamotoques : *Petromyzon marinus* : 20 ; *Alosa vulgaris* : 25,5.

Les auteurs concluent que les poissons d'eau douce présentent une réserve alcaline beaucoup plus élevée que celles des poissons marins. Les poissons qui remontent les eaux douces (alose, lamproie), au début de leur remontée, possèdent une réserve alcaline intermédiaire entre celle des poissons marins et celle des poissons d'eau douce.

d) Rôle de la suroxygénation.

Fontaine et Mme Raffy ont étudié l'influence de la suroxygénation du milieu sur la réserve alcaline des poissons.

Ils ont vu que les fortes teneurs en oxygène produisent dans le plasma des poissons marins une élévation considérable de la réserve alcaline (355 %).

Les auteurs ont fait des expériences similaires sur un poisson d'eau douce : l'anguille.

Si on ne peut donc affirmer qu'il n'existe aucune variation de la réserve alcaline du plasma de l'anguille sous l'influence des fortes teneurs en oxygène, on peut dire avec certitude que si ces variations existent, elles sont faibles et d'un ordre tout différent de celles que présentent les animaux marins.

Les auteurs font remarquer que *Scylliorhinus canicula* qui, en tant que Sélacien, possède une réserve alcaline très basse, est aussi celui dont la réserve alcaline subit les variations les plus considérables sous l'influence des fortes teneurs en oxygène.

La réserve alcaline des deux Téléostéens marins examinés (Congre et Labre) qui est environ double de celle de *Scylliorhinus canicula*, subit un changement sensiblement moindre.

Enfin la réserve alcaline de l'anguille qui est environ 10 fois celle du Sélacien, ne présente que des variations très faibles ou nulles. La réserve alcaline d'un poisson semble donc d'autant plus stable vis-à-vis des fortes teneurs en oxygène que ce poisson, à l'état normal, possède une réserve alcaline plus élevée.

II. — LES COURBES DE DISSOCIATION DU CO_2

Wastl a calculé les *courbes de dissociation du CO_2* dans le sang de carpe. L'auteur a employé pour le dosage des gaz du sang, la méthode de Van Slyke. Il a trouvé, pour le sang artériel, une teneur en O_2 de 7,98 à 11,80 % ; pour le CO_2 : 44,86 %.

Il a donné la courbe de dissociation de la page 148.

III. — LE pH

Le pH de l'eau de mer est pratiquement de 8. Il marque des variations en plus ou en moins de 0,15 environ, pratiquement, la réaction de l'eau de mer est assez constante.

Quelle est l'action des variations du pH sur l'organisme des Poissons ?

Dans des travaux récents, Hall a montré qu'une augmentation de la concentration en ions H inhibe la consommation d'oxygène chez les poissons marins.

Le milieu intérieur semble toujours avoir un pH

plus élevé que celui des tissus. Duval a noté que les crabes, les Céphalopodes, les Poissons dont le pH protoplasmique varie entre 6 et 7, ont un pH sanguin de 7,7 à 7,8.

Les relations du pH avec les migrations des poissons sont à peine esquissées. Elles se basent sur une expérience de laboratoire faite par Powers. Dans de longs bacs, on fait arriver un courant d'eau de mer soit acidifiée par HCl ou CO² soit alcalinisée par la soude. On détermine de place en place le pH de ces bacs dont l'alcalinité est ainsi croissante ou décroissante. Si on place dans ces bacs divers poissons, on observe qu'ils se déplacent vers un pH déterminé ou se cantonnent dans un pH optimum. On constate que ce pH optimum est le même pour chaque espèce de poissons et que les déplacements ne dépendent pas sensiblement d'autres facteurs. *Clupea Palasii* choisit un pH de 7,68-7,77 ; *Cymatogaster aggregatus* un pH de 7,83-7,95. En revanche, les poissons qui vivent sur des fonds d'algues, paraissent à peu près insensibles à ces variations de pH. Cette expérience de laboratoire a été vérifiée en mer : au Pudget Saund, le hareng se tient dans les eaux à pH 7,73 - 7,76. Le saumon se cantonne entre 7,98 - 8,08.

Labbé fait remarquer que les migrations sont de deux sortes : les unes sont fonction de la croissance ou de l'alimentation; elles paraissent conditionnées par le milieu extérieur, les autres sont génétiques; le milieu extérieur joue encore son rôle, mais le milieu intérieur donne sa note. Au moment des modifications génitales apparaissent des exigences métabo-

liques nouvelles que le milieu extérieur doit satisfaire..

On sait que la réserve alcaline constitue un des mécanismes les plus importants pour la régulation du pH du sang. Or, n'est-il pas intéressant de remarquer que l'eau de mer est un milieu toujours relativement bien tamponné et, au point de vue pH, sensiblement plus homogène que les eaux douces. Celles-ci, d'un fleuve à l'autre, d'un étang à l'autre, présentent fréquemment des différences de pH beaucoup plus grandes que les écarts maxima qui peuvent être observés entre des eaux marines. De plus, la réaction ionique de l'eau d'un fleuve donné peut, suivant la saison, varier de façon importante. C'est ainsi que Jewell cite un fleuve de l'Illinois où vivent plusieurs espèces de poissons et dont l'eau est à un pH de 6,8 en été, et de 5,8 en hiver. Précisément, par leur importante réserve alcaline, les poissons d'eau douce semblent plus aptes à supporter de tels écarts de pH que les poissons marins qui, vivant dans un milieu relativement homogène et stable, possèdent une réserve alcaline beaucoup plus faible. D'ailleurs Brown et Jewell ont montré non seulement que des mêmes espèces de poissons dulçaquicoles pouvaient vivre dans deux lacs adjacents du Michigan, l'un de $\text{pH} = 4,4$, l'autre de $\text{pH} = 8,4$, mais que des mêmes individus pouvaient supporter le passage d'un lac à l'autre. Kokubo a montré, lui aussi, que *Cyprinus*, poisson d'eau douce, résiste beaucoup mieux aux variations de pH du milieu extérieur que *Leuciscus*, poisson d'eau saumâtre.

Fontaine et Mme Boucher-Firly pensent que les différences observées au point de vue réserve alcaline en-

tre animaux dulçaquicoles et animaux marins peuvent expliquer, d'une façon au moins partielle, que ceux-ci soient beaucoup moins euryioniques que ceux-là.

Il est, de plus, intéressant de remarquer que la réserve alcaline d'un même poisson varie avec la salinité du milieu extérieur. La réserve alcaline d'une anguille d'eau douce subit par exemple, lors de son passage en eau de mer, une diminution considérable.

Les auteurs pensent que le mécanisme auto-régulateur du pH du milieu intérieur du poisson est beaucoup plus efficace en eau douce qu'en eau de mer et ce fait constitue un nouvel exemple d'adaptation physiologique.

IV. — LES COURBES DE NEUTRALISATION

Enfin, utilisant la méthode de Vlès, Mme Drilhon et G. Florence ont étudié les *courbes de neutralisation et le coefficient tampon* d'un sélacien *Scyllium catulus*, de 3 téléostéens marins : *Muroena Helena*, *Labrus bergylta* et *Anguilla vulgaris* et de 2 téléostéens d'eau douce : *Cyprinus carpio* et *Anguilla vulgaris*.

D'après ces auteurs, le sérum de Sélacien présente une courbe caractérisée par l'absence de carbonates et au contraire, un fort tamponnement dans la zone basse des pH.

Les courbes des Téléostéens marins présentent de très grandes analogies entre elles. La courbe de Cy-

prinus carpio diffère beaucoup de celle d'*Anguilla vulgaris* d'eau douce.

Les valeurs-tampons, d'après Dill, Edwards et For-kin, des protéines du plasma d'Elasmobranches sont environ 2 fois plus grandes par unité de poids que celles des protéines du plasma humain. Puisque la concentration des protéines dans le plasma d'Elasmo-branche est du $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ aussi grande que dans le plasma humain, il s'ensuit que la valeur-tampon du plasma de ces 2 espèces est à peu près la même.

CHAPITRE XIII

CALCIFICATION ET OSSIFICATION

I. — LES IONS PHOSPHATES

Le phosphore de l'os a été dosé par Roche et Mlle Bullinger. Ils l'ont, selon les indications de Mme A. Roche et Garcia, rapporté à l'azote, établissant ainsi le rapport P/N qui constitue un indice de minéralisation des tissus. Voici leurs résultats en mg. de P pour 100 gr. du poids frais.

Pour les poissons osseux :

Labrus bergylta : vertèbre 4,40 (P/N = 1,85); *Microchirus variegatus* : vertèbre 8,65 (P/N = 3,12); *Arnoglossus laterna* : os palatin 9,45 (P/N = 3,55); *Conger vulgaris* : mâchoire inférieure (sans dents) 6,58 (P/N = 1,63); *Lophius piscatorius* : mâchoire inférieure (sans dents) 2,82 (P/N = 1,30); *Merluccius merluccius* : mâchoire inférieure (sans dents) 4,23 (P/N = 1,89); *Trigla gurnardus* : mâchoire inférieure (avec dents) 6,28 (P/N = 1,93); *Conger vulgaris* : dents 8,65 (P/N = 1,83); *Labrus bergylta* : dents 10,27 (P/N = 2,85); *Lophius piscatorius* : 10,60 (P/N = 3,46); *Merluccius merluccius* : dents 8,98 (P/N = 2,10); *Arnoglossus laterna* : écailles 5,62 (P/N = 1,15); *Labrus bergylta* : écailles 4,68 (P/N = 0,81); *Merluccius merluccius* : écailles 5,14 (P/N = 1,23); *Microchirus variegatus* : écailles 6,86 (P/N = 1,38); *Trigla gurnardus* : écailles 6,22 (P/N = 1,30); *Lophius piscatorius* : peau et écailles 0,82 (P/N = 0,21) *Arnoglossus laterna* : peau 0,25 (P/N = 0,04); *Conger vulgaris* : peau 0,27 (P/N = 0,05); *Labrus bergylta* : peau 0,45 (P/N = 0,2); *Microchirus variegatus* : peau 0,25 (P/N = 0,05);

Trigla gurnardus : peau 0,18 (P/N = 0,04); *Arnoglossus laterna* : muscle 0,29 (P/N = 0,10); *Conger vulgaris* : muscle 0,36 (P/N = 0,10); *Trigla gurnardus* : muscle 0,40 (P/N = 0,12).

Poissons cartilagineux :

Vertèbres : *Carcharias glaucus* 2,68 (P/N = 1,03); *Scylliorhinus stellaris* 0,38 (P/N = 0,09); *Torpedo marmorata* 3,65 (P/N = 1,45).

Maxillaire inférieur total : *torpedo marmorata* 1,77 (P/N = 0,54).

Zone calcifiée du maxillaire inférieur : *Carcharias glaucus* : 4,9 (P/N = 1,66); *Scylliorhinus stellaris* 1,78 (P/N = 0,44).

Peau : *Carcharias glaucus* : 2,01 (P/N = 0,41); *Scylliorhinus stellaris* 1,40 (P/N = 0,26); *Torpedo marmorata* 0,28 (P/N = 0,06).

Muscle : *Scylliorhinus stellaris* 0,096 (P/N = 0,02); *Torpedo marmorata* 0,46 (P/N = 0,13).

Fontaine et Mme Boucher-Firly ont précisément étudié l'influence du changement de salinité sur le phosphore minéral du sérum des poissons.

Sur les anguilles, les auteurs constatent que l'augmentation de la salinité modifie très peu la teneur en phosphore minéral du sérum. Cependant, un long séjour dans l'eau de mer semble provoquer une diminution de la phosphatémie.

Avec les carpes, jusqu'à une teneur en chlorure de 13 gr. environ, la phosphatémie reste normale. Pour une salinité supérieure, on a une augmentation rapide et considérable de la teneur en phosphore inorganique du sérum. Cette augmentation serait due à un début d'asphyxie causé par le mauvais fonctionnement de l'épithélium branchial.

Les auteurs concluent : que la variation de la salinité a une action à peu près nulle chez les Téléostéens euryhalins tels que l'Anguille, mais toutefois,

ils notent un abaissement de la phosphatémie après un long séjour dans l'eau de mer.

Sur les poissons sténohalins, comme la carpe, l'action des salinités croissantes est d'abord nulle, puis elle évolue dans le sens d'une augmentation rapide et importante de la phosphatémie pour les salinités immédiatement inférieures à la salinité mortelle.

II. — LES PHOSPHATASES

II. *Les phosphatases* ont été étudiées par Bodansky Bakwin (R. M.), et Bakwin (H.). Ces auteurs ont étudié la distribution des phosphatases dans le tractus intestinal, le rein et l'endosquelette des Elasmobranches et des Téléostéens. Leurs résultats sont les suivants :

Les chiffres représentent en mgr. le P libéré de 100 cc. d'une solution de glycérophosphate 0,05 M; le premier chiffre, le P libéré en une heure; le second chiffre le P libéré en 25 heures.

Elasmobranches :

Mustelus canis : rein 0,9 en moyenne; squelette 0,0 et 1,5; intestin 1,6; *Raia erinacea* : rein 0,2; squelette 0,0 et 0,80; intestin 1,9; *Raia stabuliformis* : rein 0,0; squelette 0,4 et 4,9; intestin 3,3; *Isurus nasus* : rein 0,5; squelette 0,0 et 5,8; intestin 0,2; *Carcharhinus obscurus* : rein 0,3; squelette 0,2 et 5,1; intestin 0,4; *Uarcacion nobiliana* : rein 0,5; squelette 0,2 et 3,6; intestin 20,9.

Téléostéens :

Rhombus tricanthus : rein 78; squelette 0,6 et 0,7; intestin 4,9; *Scomber scombrus* : rein 5; squelette 0,9 et 15,9; intestin 5,1; *Stenotomus chrysopos* : rein 3,05; squelette 0,40 et 21,4; intestin 0,4; *Cynoscion regalis* : rein 8,6; squelette 0,8 et 7,9; *Clupea harengus* : rein 6,3; squelette 0,8 et 7,9; intestin 6,0; *Tautoga onitis* : rein 17,7; squelette 3,5 et 38,1; intestin 10,6; *Sphéroïdes maculatus* : rein 0,3; squelette 0,0 et 0,7; intestin 1.

Roche et Mlle Bullinger ont repris cette étude. Ils ont donné notamment l'activité phosphatasique d'un grand nombre d'organes squelettiques de poissons.

Carcharias glaucus I matrice : 113; dents 1^{er} rang : 26,9, dents 2^e rang : 162,3, dents 3^e rang : 392,5, dents 4^e rang : 612, dents 5^e rang : 842, dents 6^e rang : 1774.

Les auteurs concluent de leur travail que les phosphatases de poisson sont identiques aux phosphatases des autres Vertébrés. Elles se caractérisent par un pH optimum d'action à 9,2. Un pouvoir hydraulique plus grand sur les β que sur les α glycérophosphates, une activation par les ions Mg. Ils ont trouvé cette enzyme dans tous les organes osseux des poissons, les dents, organes en croissance continue, en sont particulièrement riches.

Chez les Sélaciens où il existe plusieurs rangées de dents à divers degrés de développement, les organes jeunes non calcifiés présentent une activité phosphatasique considérable.

Les phosphatases se trouvent encore dans la peau, mais seulement si des écailles y sont implantées. Elles se trouvent encore dans les zones superficielles des os cartilagineux des Sélaciens, dans les zones qui s'ossifient.

Par contre, en sont dépourvues les parties molles des pièces squelettiques des Sélaciens qui ne s'ossifient pas, les peaux de poissons qui ne renferment pas d'écailles (congre, torpille); toutefois, la superposition de l'ossification et de la richesse phosphatasique n'est pas absolue. En effet, au début du développe-

ment des dents, à une période où les ébauches muqueuses ne se calcifient pas encore, on trouve déjà une grande richesse en phosphatase. Par contre, alors que les dents ont atteint leur taille maxima, elles s'enrichissent encore en sels bien qu'elles ne possèdent plus qu'un pouvoir etherphosphatasique assez faible.

Dans un nouveau travail, Roche et Jacqueline Collet ont étudié l'activité phosphatasique des divers organes osseux au cours du développement de la sardine. Ils sont arrivés aux conclusions suivantes : quelle que soit la taille des animaux et, en toute saison, les vertèbres et la voûte crânienne, pièces osseuses à croissance périodique, sont moins riches en phosphatase que la nageoire caudale, organe contenant pratiquement toujours des rayons en voie de développement.

Par ailleurs, la teneur en phosphatase des diverses pièces squelettiques de la sardine présente, au cours des trois premières années de la vie en Méditerranée, des modifications importantes, en relation avec le rythme et l'intensité de la croissance.

Pendant la première année de la vie, l'activité phosphatasique de tous les os augmente jusqu'à ce que la métamorphose des alevins en jeunes sardines soit atteinte. Alors elle diminue, s'arrête puis reprend une intensité plus grande et demeure proportionnelle à la vitesse de l'allongement corporel, jusqu'à l'arrêt de la croissance survenant au début de la saison froide.

La poussée du développement va de pair avec la teneur en phosphatase du squelette. Celle-ci est minime dans les os dont la croissance est alors relative-

ment faible (vertèbres, os du crâne), mais elle est très importante dans ceux qui, comme les écailles, présentent un accroissement de taille notable pendant la belle saison.

Ces faits traduisent la participation de la phosphatase à toute ostéogénèse rapide. Par contre, le même enzyme ne semble jouer aucun rôle dans les processus d'ossification évoluant lentement, l'apport humoral direct d'ions phosphoriques pouvant alors permettre à lui seul la minéralisation de la substance osseuse en voie de formation.

CHAPITRE XIV

ROLE DE LA PRESSION

I. — SUR LE GONFLEMENT DES TISSUS

Fontaine prend deux anguilles décapitées, débarrassées de leur peau, privées de leurs viscères. Les tissus ainsi mis à nu sont immergés dans une solution constituée par de l'eau de mer diluée et sensiblement isotonique au sang de l'anguille. Il note chez l'anguille comprimée une forte augmentation de poids (12,2 % après 6 h. 30) par rapport à une autre anguille-témoin.

Lorsque le liquide est hypertonique, l'augmentation de poids après une compression à 600 kg. pendant 14 h. 30 est faible (4,3 %), mais elle est relativement forte par rapport à une anguille-témoin plongée dans la même solution pendant le même temps et qui a perdu 14 % de son poids.

Fontaine compare ce phénomène de gonflement à celui obtenu par la tétanisation au moyen d'un courant induit. Le poids d'une anguille soumise pendant une heure à une pression de 600 kg. est augmenté de 5,2 %. Le poids d'une anguille tétanisée pendant 30 minutes est augmenté de 6 %.

3 anguilles sont débarrassées de leurs viscères et dépouillées. Elles sont immergées chacune dans le même volume d'une solution constituée par de l'eau de mer diluée, sensiblement isotonique. L'une est laissée à la pression atmosphérique. Une autre est comprimée à 600 kgs pendant une heure. La troisième est tétanisée jusqu'à complet épuisement. 5 heures après l'immersion, les valeurs du pH sont les suivantes :

Pour la solution entourant le tissu normal.....	7.85
— — — — — comprimé...	7.5
— — — — — tétanisé.....	7.4

Ainsi donc, le muscle comprimé aussi bien que le muscle tétanisé acidifie la solution dans laquelle il est immergé. Cette diminution du pH est due pour une part à la diffusion de l'acide lactique produit dans le muscle au cours de la contraction. C'est ce qu'a constaté Fontaine aussi bien dans le cas d'une tétanisation que d'une compression.

II. — LA CONSOMMATION EN OXYGÈNE DES TISSUS

Fontaine montre en outre que pour une compression de 100 kgs par cm^2 pendant 30 minutes on note une augmentation de 41 % de la respiration chez *Pleuronectes platessa*. Chez *Ammodytes lanceolatus*, 27 % ; chez *Gobius minutus* 53 % ; chez *Anguilla vulgaris* 35 % et chez *Paloemon serratus*, 35 %. On voit donc que pour une compression de 100 kgs par cm^2 , tous les animaux étudiés ont vu leur consommation d'oxygène augmenter dans des proportions variables mais toujours très notables.

Après la décompression, la respiration devient légèrement inférieure à la normale.

Un pleuronecte consomme à la pression atmosphérique 0 cc. 159 d'oxygène en 30 minutes. Mis 30 minutes sous une pression de 100 kgs, il consomme 0 cc. 225. Dans les 30 minutes qui suivent la décompression, il n'absorbe que 0 cc. 133.

De même un pleuronecte, consommant 0 cc. 117 pendant 30 minutes à la pression atmosphérique, en consomme 0 cc. 182 dans le même temps à la pression de 100 kgs. Dans les 30 minutes qui suivent la décompression il ne consomme plus que 0 cc. 102. Dix heures après, la consommation à la pression atmosphérique pendant 30 minutes est de 0 cc. 113, c'est-à-dire qu'elle est revenue sensiblement à la normale.

De nombreuses expériences effectuées sur divers individus d'une même espèce à la même pression et pendant le même temps, ont mis en évidence une influence très nette de la taille sur l'augmentation de la consommation d'oxygène produite par la pression.

Ainsi un pleuronecte pesant 0,475 gr. comprimé 30 minutes à 100 kgs voit sa consommation d'oxygène augmenter de 67 % alors que celle d'un autre pleuronecte pesant 1 k. 950 et comprimé dans les mêmes conditions augmente seulement de 48 %.

L'augmentation de la consommation d'oxygène d'un pleuronecte pesant 0,600 g. et comprimé 20 minutes à 100 kgs est de 27 % ; celle d'un autre pleuronecte de 2 gr. 400 et comprimé dans les mêmes conditions n'est que de 14 %. Cette influence de la taille semble se manifester à toutes les pressions. Ainsi une compression de 50 kgs pendant 20 minutes, entraîne chez un Pleuronecte de 1 gr. une augmentation de la consommation d'oxygène de 15 % et chez un Pleuronecte de 1 g. 70 une augmentation de 5 %.

Une compression de 125 kgs pendant 20 minutes, produit chez un pleuronecte de 0 g. 700 un accroissement de la consommation d'oxygène de 30 % et chez un autre de 2 g. 200 une augmentation de 20 %.

On voit donc que l'accroissement de la consommation d'oxygène est inversement proportionnel à la taille de l'animal.

Mais, dit l'auteur, on pourrait objecter que les poissons qui voient leur consommation d'oxygène augmenter avec la pression sont les plus gros, donc ceux qui consomment le plus d'oxygène. Et, par suite, on pourrait craindre que la teneur en oxygène du milieu où est l'animal le plus important étant rapidement inférieure à celle du milieu où se trouve l'animal de petite taille, ce soit la raison pour laquelle la respiration du gros poisson est ralentie dans des proportions moindres que celles du petit poisson.

L'auteur a donc repris ces expériences. Il comprimait, d'une part, un individu de taille et d'espèce données et, d'autre part, plusieurs individus de la même espèce, mais très sensiblement plus petits et en nombre tel que leur consommation d'oxygène globale était sensiblement égale ou même supérieure à celle de l'individu de plus grande taille. Voici les résultats obtenus pour des compressions de 100 kgs pendant 30 minutes :

Un *Pleuronecte platessa* de 1 gr. montrait une augmentation de la consommation d'oxygène de 51 %. Un autre de 1 g. 500 montrait une augmentation de la consommation d'oxygène de 66 %. Chez un *Gobius minutus* de 1 g. 035, l'augmentation de la consommation d'oxygène était de 53 %; chez un *Gobius* de 1 g. 010, de 72 %. Chez un *Paloemon serratus* de 1 g. 780, l'augmentation est de 35 %; chez un *Paloemon* de 1 g. 430, de 46 %.

L'influence de la taille dans l'augmentation de la consommation d'O. sous l'influence de la pression est donc nettement établie et étendue du pleurotonecte au *Gobius* et au *Paloemon*.

Fontaine a étudié également l'influence de l'inten-

sité de la compression sur la consommation d'oxygène.

Chez des pleuronectes de poids variant entre 1 g. 800 et 2 g. 400, la durée de la compression étant de 20 minutes, on observe pour une intensité de pression de 50 kgs par cm^2 , une augmentation de la consommation d'oxygène de 5 %; pour une pression de 100 kgs, une augmentation de 14 %; pour une pression de 125 kgs, une augmentation de 20 %; et pour une pression de 150 kgs, une diminution de 57 %. Chez des pleuronectes de poids variant entre 0 g. 700 et 0,900, la durée de la compression étant de 20 minutes, une intensité de pression de 50 kgs par cm^2 provoque une augmentation de la consommation d'oxygène de 20 %; une pression de 100 kgs, une augmentation de 27 %; une pression de 150 kgs, une augmentation de 30 % et une pression de 150 kgs une diminution de 50 %.

Avec les mêmes poissons, pour une durée de la compression de 60 minutes, une pression de 25 kgs amène une augmentation de la composition d'oxygène de 28 %; une pression de 50 kgs, une augmentation de 39 %; une pression de 100 kgs une augmentation de 58 %; une pression de 125 kgs, une augmentation de 54 % et enfin une pression de 150 kgs, une diminution de la consommation d'oxygène de 39 %. De plus, pour les pressions de 150 kgs, l'animal est trouvé mort à la fin de l'expérience.

De ces expériences, il ressort que la consommation d'oxygène augmente avec l'intensité de la pression, tant que cette pression n'entraîne pas la mort de l'animal comprimé. De plus, la consommation d'oxygène, lors d'une compression, n'atteint pas d'emblée une valeur fixe, mais elle croît avec le temps de la compression.

Quant à l'influence de la durée de la compression sur la consommation en oxygène, elle ressort, d'après Fontaine, des expériences suivantes :

Des pleuronectes pesant de 0 g. 220 à 0 g. 300 sont soumis à une compression de 300 kgs.

Après 30 minutes, l'augmentation de la consommation d'oxygène est de 36 %. Après une heure, l'augmentation est de 56 %; après 1 h. 30 l'augmentation passe à 74 %; et après 2 heures à 58 %.

Ainsi donc, pendant 1 h. 30, la consommation d'oxygène augmente, puis passe à ce moment par un maximum et diminue, mais reste encore, pendant plusieurs heures, au-dessus de la consommation d'oxygène normale.

CHAPITRE XV

COMPOSITION CHIMIQUE DES ORGANES GENITAUX

A. — Le sperme

I. — LES PROTAMINES

Les protamines sont des substances basiques, riches en azote, constituant, sous forme de combinaison avec des acides nucléiques, la majeure partie de la tête des spermatozoïdes de certains poissons. Le premier représentant de ce groupe, la salmine, a été découverte en 1874 par Miescher dans la laitance du saumon.

On les prépare de la façon suivante :

La laitance, d'abord épuisée par l'alcool et l'éther est agitée avec de l'acide sulfurique à 1 p. 100. De la solution sulfurique, le sulfate de protamine est précipité par l'alcool. Le précipité est dissous dans l'eau chaude d'où il se sépare par évaporation. Le dépôt huileux ainsi obtenu est repris par un grand volume d'eau et donne une solution d'où on précipite la protamine sous forme de picrate, à l'aide du picrate de sodium.

Le picrate est décomposé par l'acide sulfurique étendu et l'acide picrique enlevé par agitation avec de l'éther. Pour purifier la protamine, on la transforme de nouveau en picrate puis en sulfate que l'on soumet à l'analyse.

Les principales protamines sont la salmine (du saumon), la sturine (de l'esturgeon), la clupéine (du hareng), la cycloptérine (du cyclopterus), etc...

Les protamines sont lévogyres; elles donnent avec l'eau une réaction alcaline. Insolubles dans l'alcool et l'éther elles donnent des sulfates se déposant sous forme huileuse de leurs solutions aqueuses. Leur chlorhydrate est précipité par le chlorure de platine.

Les protamines ne renferment dans leur molécule ni soufre ni groupement hydrocarboné.

La recherche des produits de décomposition des protamines de sperme de poisson est réalisée suivant la méthode classique de Kossel et Kutscher.

Après une hydrolyse à l'acide sulfurique à 25 ou 30 % (hydrolyse très destructrice), le produit est traité par l'acide phosphotungstique. Une première séparation est faite au moyen de cet acide qui isole les bases diaminées. Remis en solution par la baryte et l'acide phosphotungstique étant ainsi éliminé, on chasse l'ammoniaque en chauffant en présence de MgO; des produits peu solubles en liquide neutre se précipitent s'ils sont présents (cystine, acides diamido-dodécanoïques); ceux-ci étant ainsi éliminés, on fait un précipité argentic-barytique. Dans les eaux-mères reste la lysine isolée par l'acide phosphotungstique puis purifiée en utilisant l'insolubilité de son picrate dans l'alcool.

Dans l'alcool-mère du précipité, peut rester, si elle est présente, de l'ornithine que l'on élimine par benzoïlation. Le précipité arginine-histidine argentique est ensuite traité. On élimine l'argent et le baryum puis on précipite l'arginine sous forme de picrate. Il reste l'histidine.

Par cette méthode, quelquefois modifiée par d'autres auteurs, on a obtenu les résultats que nous allons exposer :

1° *La Salmine.*

Parmi les protamines des poissons, la salmine est celle qui a été la plus étudiée.

Kossel, en 1874, a hydrolysé la salmine par l'acide sulfurique. Le produit d'hydrolyse, l'arginine, a été évaluée par lui à 84 %. A côté de l'arginine, il trouva également, mais en

proportion bien moindre, de la sérine, de la proline et un acide aminovalérianique.

Abderhalden donne comme produits de décomposition de la salmine, l'alanine, la leucine, l'acide α -pyrrolidine-carbonique. Et il estime qu'ils sont vraisemblablement accompagnés de la phénylalanine et de l'acide aspartique. Taylor, quelques années plus tard, reprend cette étude sur un produit très pur. Ses résultats confirment les données de Kossel et infirment celles d'Abderhalden. Ses résultats sont les suivants : Arginine : 91,73 % — Proline : 10,83 % — Valine : 5,35 % — Sérine : 8,70 %. Ils correspondent sensiblement à l'équation suivante :

1 salmine ($C_9H_{17}N_5O_{12}$) + nH_2O = 2 proline ($C_5H_9NO_2$) + 1 acide amidovalérianique ($C_5H_{11}NO_2$) + 3 sérine ($C_3H_7NO_2$) + 12 arginine ($C_6H_{14}N_4O_2$).

La formule $C_9H_{17}N_5O_{12}$ s'accorde avec l'analyse suivante : Arginine : 94,0 — proline : 10,16 — valine : 5,46 — sérine : 13,91, qui sauf pour la sérine correspond aux résultats de Taylor. Miescher profitant de ce fait que les saumons remontent le Rhin sans s'alimenter jusqu'au moment du frai, étudie la transformation des protéines du muscle en protamines. Weiss montre, d'après ses recherches, que pour constituer les protamines de leurs testicules les saumons mâles utilisent 38 % de leur musculature et que pour constituer leurs ovaires, les saumons femelles emploient 54,7 % de leur musculature.

2) La Sturine.

Elle a été, elle aussi, étudiée par Kossel en 1874. La composition de la sturine serait la suivante : Arginine : 58,2 % ; histidine : 12,9 % ; lysine : 12 %.

L'équation de la sturine est, d'après Kossel : 1 mol. histidine + 1 mol. lysine + 4 mol. d'arginine = 1 mol. sturine.

3) La Scombrine.

La Scombrine a été étudiée par Kossel en 1906.

Sa composition est très voisine de celle de la salmine. Kuraieff qui les compare, après Kossel, leur attribue comme formule respective :

$C_{30}H_{60}N_{16}O_6$, $2H_2SO_4$ pour le sulfate de scombrine et $C_{30}H_{57}N_{17}O_6$, $2H_2SO_4$ pour le sulfate de salmine, la protamine du maquereau aurait donc plus d'hydrogène et moins d'azote.

4) Clupéine est une protamine très voisine de la salmine. Elle a été même supposée identique à celle-ci par Kossel. Cependant les travaux de cet auteur ont montré que la destruction de la clupéine ne donnait lieu qu'à la formation d'argi-

nine et d'acides aminovalériniques. Kossel fit trois analyses au cours desquelles il a employé trois méthodes différentes : Dans la première analyse, il a employé le réactif phosphomolybdique, et il a obtenu 82,1 % d'arginine. Dans la deuxième analyse, il précipite l'arginine par le sulfate d'argent et la baryte. Le taux d'arginine trouvée est alors de 81,7 %. La troisième analyse enfin lui donne le chiffre de 84,3 % d'arginine.

5) *La Cycloptérine* fut isolée pour la première fois par Morkowin dans les testicules de *Cyclopterus lumpus*. Elle a les propriétés générales des protamines. Elle se caractérise par le fait qu'elle a une réaction de Millon très prononcée. Comme toutes les protamines de poissons précédemment passées en revue, celle-ci a fait l'objet d'une étude de Kossel, selon sa méthode habituelle. Il montra que la tyrosine qui donne la réaction de Millon est contenue dans la cycloptérine dans la proportion de 8,3 %. Il ne trouva pas d'histidine. Quant à l'arginine, elle représente 62,5 % de la cycloptérine.

6) *Persine*. — Lissitzin et Alexandrowskaïa l'extraient des testicules de *Lucioperca sandra*. Cette protamine serait composée de lysine, d'histidine et d'arginine et de deux aminoacides : la proline et la valine.

Kossel et Eldbacher étudient la percine de *Perca flavescens*. Ils signalent comme produits de décomposition un acide amidovalérianique qui est vraisemblablement le même que celui qui provient de la destruction de la thymine. Ils trouvent en outre de la proline. Les auteurs remarquent que cette protamine offre une particularité très nette, la prédominance des groupes C_6 dans sa molécule.

7) *Protamine de la truite*. — Certains auteurs enfin, notamment Félix et Mager, ont étudié la protamine de la truite en arc-en-ciel. Ils ont donné les chiffres suivants :

Alanine N	2.08 %
Sérine N	2.02
Imine N	6.11
Valine N	3.50
Azote total	22.3
Métoxyl.	1.98
Arginine - N.	86.95 de l'azote total.
Monoaminoacide N.....	13.7

8) *Acipensérine*. — A été trouvée par les mêmes auteurs dans les testicules d'*Acipenser Huso*. Sa composition est la même que celle de la percine.

II. — LES HISTONES

Les histones sont, comme les protamines, des substances basiques. Plus complexes que les protamines dans leur constitution, elles sont cependant beaucoup plus simples que les albumines ordinaires. On les rencontre dans les testicules du saumon et du maquereau avant leur complet développement.

On extrait l'histone d'un organe par action de l'acide chlorhydrique étendu soit directement soit après avoir enlevé certaines autres albumines avec une solution saline étendue. De la solution de chlorhydrate, on met l'histone en liberté par l'ammoniaque ou la lessive de soude dilués. Les histones se précipitent sans coagulation de leurs solutions salines chauffées; si la solution est saturée de sel neutre, elles se déposent à froid. Comme les albumoses, elles donnent avec l'acide nitrique un précipité qui disparaît à chaud et reparaît à froid. Leur basicité paraît assez faible.

Les histones précipitent par les réactifs des alcaloïdes non seulement comme les autres albumines, en réaction acide, mais encore en milieu neutre.

Ells rappellent les protamines par leur faculté de donner avec les matières protéiques des combinaisons insolubles dans l'eau mais solubles dans les alcalis étendus. Elles donnent toutes la réaction du biuret et la réaction xanthoprotéique.

Dans l'histone de Lote, on aurait 3,3 % d'azote sous forme d'ammoniaque, 4,12 % sous forme d'histidine, 3,69 % sous forme de lysine et 23,44 % sous forme d'arginine. Reste 65,45 % d'azote non déterminé probablement monoaminé.

Dans l'histone de morue, on aurait 3,30 % d'azote ammoniacal, 3,30 % d'azote-histidine, 8,50 % d'azote lysine et 26,90 % d'azote provenant de l'arginine. Il reste 58 % d'azote non déterminé.

L'auteur fait remarquer combien ces chiffres sont rapprochés pour la lote et pour la morue et montre ainsi leur similitude avec ceux obtenus dans l'histone de thymus (N — de NH_3 , 7,46 % ; N — histidine 1,79 % ; N — lysine 8,4 % ; N — arginine 25,14 %).

III. — LES NUCLEOPROTEINES

Stendel a étudié les acides nucléiques de la laitance de hareng.

Il remarque qu'en traitant par l'acide nitrique, on obtient aussitôt le nitrate de guanine et d'adénine presque quantitativement. Ce qui reste encore en solution peut être négligé de même que les quantités minimales d'hypoxanthine et de xanthine résultant de l'oxydation. On peut d'ailleurs réduire les oxydations au minimum en opérant à basse température et ensuite en laissant le liquide au repos 8 à 14 jours pour la cristallisation.

Stendel calcule que la guanine représente 28,95 % de l'azote et l'adénine : 38,42 %.

Le reste est formé vraisemblablement d'azote-thymine car l'auteur isole aussi de la thymine, ainsi que de la cytosine. La thymine représenterait 13,11 % de l'azote total; la cytosine : 11,47 %. Si l'on totalise les quantités d'azote total représentées par ces 4 corps on arrive à 91,75 %. Il est donc évident que la partie azotée de la molécule d'acide nucléique est composée exclusivement de ces 4 corps.

B. — Les ovaires

La composition chimique des ovaires de poisson a fait l'objet de quelques études. Greene a étudié l'ovaire

de saumon. Il a montré que pendant le développement ovarien qui se produit pendant la migration, il y a une accumulation de protéines et de lipoides dans le jaune d'œuf, ces substances semblant provenir du muscle.

Buttenberg, Rimini, Franstein, Albu et Neuberg, Weitzel, Tangl et Parkas en 1904, Faure-Frémiet, ont donné la composition de divers œufs de poissons ; nous en retenons le tableau suivant :

	Truite		Carpe	Saumon
	Fauré-Frémiet	Tangl		
Eau	58.5	66.12	66.3	58.19
N 6.25 (Protéines) . .	29.81	25.43	25.7	27.01
Ac. gras	9.16	7.25	6.2	12.75
Glycogène.	0.34		0	
Cendres.	1.25		2	0.68
Cholestérine.			0.45	
Détail des lipides % sec :				
		Truite	Carpe	
Phosphatides.		8.25	12.33	
Glycérides.		10	6.08	
Cholestérine.		1.37	1.34	
Insaponifiable.		0.67	0.8	

Koenig et Grossfeld étudiant la substance extractive d'œuf de poisson ont trouvé de la xanthine, de l'hypoxanthine, de la créatinine, de la taurine et de la tyrosine. Il est possible que la créatinine trouvée provienne de la créatine transformée pendant l'analyse.

Avec le développement des ovaires, le pourcentage de la portion soluble dans l'éther augmente, les protéines augmentent aussi ; les substances extractives diminuent ainsi que l'eau. Greene a montré que les substances extractives organiques du muscle augmentent légèrement au début chez le saumon, puis elles

restent constantes. Elles resteront dans les ovaires à un taux supérieur à celui qu'elles ont dans les muscles.

Dans les muscles, en effet, tandis que la quantité de protéines diminue pendant le développement des ovaires, les substances extractives organiques et spécialement les acides aminés restent constants ou même augmentent en dépit du fait que les protéines dont elles dérivent vont constamment en diminuant.

Bayley a étudié le cycle ovarien d'un téléostéen vivipare : *Xyphophorus Helleri*. Il montre que la teneur en substances organiques de l'œuf fertilisé va en augmentant. Les cendres augmentent pendant toute la période de gestation.

Nelson et Greene ont étudié des ovaires de divers *Lepidosteus*. Ces ovaires ont une faible teneur en eau, une haute teneur en protéines et une assez forte quantité de graisse.

I. — LES PROTEIDES

Baudony, étudiant la substance de la capsule ovulaire de *Raja batis*, décrite sous le nom d'ovokératine, montre que celle-ci s'écarte notablement à la fois des scléroprotéines sèches telles que les kératines phanériennes et des scléroprotéines humides telles que les collagènes et les élastoïdines. Ces différences ont été observées sur l'ensemble des propriétés concernant l'imbibition de ces substances.

Les valeurs de l'imbibition en fonction de la tension de vapeur et des variations du pH sont notablement

plus élevées dans le cas de l'ovokératine qui s'écarte à cet égard du crin de cheval pris comme type des protéines sèches définies par Jordan Lloyd.

Si on rapproche l'ovokératine des protéines humides du type collagène, qui s'imbibent très fortement, on constate que l'ovokératine s'en éloigne également par les valeurs très imprévues de son imbibition, quoique dans ce cas, l'eau soit retenue avec une énergie beaucoup plus grande.

Un certain nombre de protéides ont été décrits :

a) Les protéides des œufs de hareng ont été étudiés par Hugounenq en 1904. Ces œufs contiennent 81,47 % protéines.

C'est un produit lévogyre en solution alcaline ($[\alpha]_D = -57,4$).

Sa composition élémentaire est la suivante :

C.	53,68 %	S.	0,40 —
H.	7,38 —	O.	23,90 —
N.	14,64 —		

Lorsqu'on hydrolyse la clupéovine par l'acide sulfurique à 30 % à l'ébullition pendant 16 heures, on peut extraire des produits de dédoublement de nombreux dérivés :

Arginine.	2,7 %	Acides aminés di-	
Lysine.	2,0 —	vers (calculés en	
Histidine.	0,4 —	leucine).	50,7 —
Tyrosine.	1,0 —	Produits humiques.	22,0 —
Leucine.	21,2 —		

b) Les protéines des œufs de saumon. — Gordon Young et Inmann ont étudié les protéines de la membrane de la coquille des œufs de saumon. Ce problème

est intéressant car il est en relation avec le processus de l'éclosion au cours duquel un amincissement puis une rupture de cette membrane se produisent. Il est aussi en rapport avec le problème de la semi-perméabilité des capsules d'œufs.

Les auteurs opèrent sur des œufs de *Salmo salar* de l'Atlantique, les uns fertilisés, les autres non fertilisés. Les œufs sont séchés sur un papier-filtre et ouverts au scalpel et à la pince. On sépare l'enveloppe du jaune, on la suspend dans une solution de chlorure de sodium à 1 % à 0° et on agite pendant 2 heures. On lave à l'alcool-éther puis on sèche à 105°, pendant plusieurs heures. 1.500 œufs fournissent 1 gr. de produit à étudier. On analyse alors les différents acides aminés ; la tyrosine et le tryptophane par la méthode de Folin et Marinzy, l'arginine, l'histidine et la lysine par la méthode de Block, la cystine enfin par la méthode de Pollard et Siebnall modifiée par Sulliévàn.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

	Saumon %	Saumon %	Hareng %	Squalus acanthias. %
N total.....	15.20	15.32	14.22	15.08
S total.....			0.55	1.44
Arginine	5.72	5.85	6.35	3.2
Histidine.	1.23	1.28	2.09	1.7
Lysine	3.54	3.47	5.55	3.7
Tyrosine	5.12	5.12	6.27	10.06
Tryptophane ..	1.42	1.42	2.02	+
Cystine	1.79	1.89	0.71	0.44
Glucosamine ..	1.04			

Le rapport entre les molécules d'acide diamine : histidine, lysine et arginine est de 1, 2, 3. Il s'agit d'une pseudokératine d'origine mésodermique.

Enfin Greene a trouvé, dans l'œuf de saumon une proportion de 26,56 et de 27,01 % de protéines.

c) Par ailleurs l'œuf de truite a été étudié par Tangl et Farks en 1904. Ces auteurs ont noté 25,43 % de pro-

téine dans cet œuf. La même étude reprise par Fauré-Frémiet et Garrault en 1922 leur a donné le chiffre de 21,81 %.

Fauré-Frémiet, étudiant la composition chimique de l'œuf de truite, est arrivé à en extraire une vitelline qu'il appelle ichtuline.

La séparation de la vitelline est possible à partir des œufs frais que l'on broie avec quelques cristaux de chlorure de sodium; la purée obtenue est filtrée sur toile avec un entonnoir de Buchner, et le résidu (membrane vitelline et restes protoplasmiques) est lavé avec le minimum d'eau salée à 8 %. On obtient un liquide jaune, filant, transparent, que l'on peut déjà débarrasser d'une partie des matières grasses en l'épuisant à l'éther; la précipitation de la vitelline se fait très facilement en versant le liquide dans l'alcool ou mieux en diluant ce liquide dans une très grande quantité d'eau distillée; le précipité obtenu de cette manière peut être redissous et reprécipité plusieurs fois, puis lavé à l'alcool, épuisé à l'éther et séché. On peut extraire ainsi de l'œuf 28 % de vitelline.

Valenciennes et Frémy avaient déjà en 1857 réalisé la séparation de ce corps par une technique analogue. Ces auteurs avaient à l'analyse trouvé les chiffres suivants : azote = 15,2; phosphore = 0,6; cendres = 0,6.

Fauré-Frémiet et Garrault obtiennent des résultats approchants : azote = 14,28; phosphore = 0,57; cendres = 2,17.

L'ichtuline du cabillaud, étudiée par Levène contient 14,03 % d'azote.

La vitelline de la truite est soluble dans l'eau, soit en milieu nettement alcalin, soit en présence de sels et mieux en présence de sels de métaux bivalents ; une solution à 3 % est stable en présence de NaCl N/5 (1,16 %) ou de CaCl² N/100 (0,11 %). Or l'œuf de truite renferme 0,27 % de calcium et la vitelline précipitée à l'alcool en contient encore 0.137 %.

La vitelline ou ichtuline de truite semble bien être, comme la vitelline de l'œuf de poule, une paranucléoprotéide assez voisine de la caséine.

Sous l'inspiration de Dalcq et de Brachet, Ghinst a entrepris d'étudier la synthèse de l'acide thymonu-

cléique dans les œufs de truite. Il dose, à la fois, à différents stades, l'acide nucléique par la méthode de Dische, les pentoses par la méthode d'Hoffmann et le phosphore nucléoprotéique par la méthode de Plimmer et Scott, modifiée par J. et D. Needham. Ces mesures conduisent l'auteur à conclure qu'aucun de ces trois constituants n'est présent dans l'œuf vierge mais qu'ils apparaissent au cours du développement.

Le dosage de l'acide thymonucléique a été effectué sur la partie cellularisée de l'œuf.

Après fixation au formol à 7 % pendant 48 heures, ce qui durcit complètement le vitellus, le chorion est ouvert et le blastodisque découpé à l'aide de pinces d'horloger. La méthode de Dische n'est pas applicable directement au matériel car les précipités abondants des phosphatides, en même temps que ceux de l'acide nucléique, rendent le dosage impossible. Cependant la modification apportée n'a aucun inconvénient, l'auteur a pris soin de le vérifier. Mais cette technique exige une assez grande quantité d'œufs pour les jeunes stades tout au moins et l'isolement d'une quantité suffisante de blastodisques est évidemment assez longue. Aussi l'auteur n'a-t-il que peu de résultats se rapportant à un embryon de 17 jours.

Voici les résultats obtenus sur les blastodisques isolés :

Pour les œufs vierges, la réaction de Feulgen est négative.
38 blastodisques (*Salmo fario*) 5 jours : traces avec les œufs de *Salmo irridens* :

100	embryons	17	jours	contenaient	0,63	mg.	d'acide	thymonucléique
—	—	—	—	—	0,71	—	—	—
—	—	—	—	—	1,02	—	—	—
—	—	—	—	—	0,62	—	—	—

La synthèse de l'acide thymonucléique au cours du développement est donc évidente.

Un grand nombre de dosages de pentoses a été effectué mais on ne peut encore établir une courbe. Il faut noter cependant que les acides pentoses-nucléiques sont uniquement localisés dans la partie cellulaire de l'œuf. L'auteur a dosé également la teneur en pentoses de 50 embryons de 28 jours isolés du sac vitellin après fixation au formol et il a comparé les résultats obtenus à ceux que donnent les œufs entiers provenant de la même fixation. L'auteur constate qu'il existe une synthèse progressive d'acide pentose-nucléiques, phénomène dont on ignore la signification.

Les résultats du dosage du phosphore nucléoprotéique montrent également une synthèse, alors qu'on ne trouve pas dans l'œuf vierge ce constituant des acides nucléiques, il apparaît progressivement au cours du développement.

L'auteur fait remarquer la grande analogie entre le développement de l'œuf de la truite et celui de la poule. Dans les deux cas, il semble que l'on ait affaire à une « synthèse totale ».

II. — LES LIPIDES

On trouvera au chapitre des lipides des renseignements sur les modifications des lipides ovariens au cours du développement des ovaires.

Leulier et A. Bernard ont étudié les constituants chimiques des œufs de *Trutta irrida*, en particulier le cholestérol. Ils ont déterminé ses variations au cours

du développement de l'alevin. Leurs résultats sont les suivants :

Un œuf de truite, le premier jour après la fécondation, contenait 1,26 de cholestérol pour cent de produit sec ; 10 jours après la fécondation, deux œufs de ce même poisson en contenaient respectivement 1,10 et 1,22 ; 20 jours après 1,26 et 1,16 ; 30 jours après 1,04 et 1,25.

A l'éclosion, 1,09 et 1,50. Quant aux alevins, un individu, 10 jours après l'éclosion, donnait 1,58 de cholestérol. Un alevin, après la résorption de la vésicule vitelline, 1,75 ; 50 jours enfin après l'éclosion, les auteurs ont trouvé 2,05 de cholestérol.

Le taux de cholestérol reste donc à peu près constant pendant toute la durée du développement ; il augmente après l'éclosion et peut doubler dans les alevins de 50 jours.

CHAPITRE XVI

LES HORMONES GENITALES

I. — SECRETION ANTEHYPOPHYSIAIRE

Plusieurs méthodes d'études ont été utilisées :

..a) *La méthode des implantations.* — Houssay a implanté des hypophyses de *Micropogon opercularis* et de *Luciopimelodus pati* à de petits ovo-vivipares, *Cueterodon decemoculatus* (Jenyns), les hypophyses étaient triturées avec de l'eau salée dans la proportion d'une glande pour 0,1 ou 0,5 cc. qu'on injectait dans la cavité péritonéale. Chez les femelles ainsi traitées, l'expulsion des œufs s'est produite dans la plupart des cas de 1 à 8 jours. Les œufs n'ont jamais été expulsés après l'injection d'eau salée ou d'extrait musculaire. Le moment de l'expérience précédait de 15 jours l'époque de la ponte spontanée.

L'implantation du lobe glandulaire d'hypophyse détermine donc l'expulsion ovulaire chez ces poissons.

b) *Par emploi d'extraits hypophysaires.* — Cardoso, en injectant des extraits d'hypophyse de poissons, amène un frai précoce chez *Prochilodus*.

Owen, en injectant des extraits hypophysaires à un poisson japonais, *Achelognathus intermedium*, et jugeant de l'apparition de caractères sexuels secondaires chez le poisson par le développement de mélanophores et de pigments rouges, note une activation de ce développement, chez le mâle dans 66 % des cas, chez la femelle dans 60 % des cas.

Beaucoup plus intéressante est une expérience de Hassler, Myer et Field qui utilisent un extrait hypophysaire de *Cyprinus carpio* après une dessiccation à l'acétone. La poudre obtenue est mise en suspension dans 1 cc. d'eau et injectée dans le péritoine. L'auteur utilise *Salmo Gairducici* et *Salmo fario*. 6 à 7 semaines avant la maturation normale, on obtient des œufs mûrs chez les femelles, du sperme chez les mâles.

Damas a expérimenté sur des lamproies dont il décrit le développement génital. Il nous a paru intéressant de rapporter cette description.

Il existe chez la lamproie une véritable livrée sexuelle. Au moment de son retour dans les rivières, la lamproie est extérieurement neutre. Il est impossible d'en reconnaître le sexe. Le corps est rectiligne. Les deux nageoires dorsales, peu élevées, sont séparées par un important intervalle et, du cloaque allongé en fente linéaire, sort un tube urogénital dans les deux sexes.

Au moment de la reproduction, mâles et femelles se distinguent à première vue. Chez la femelle, les deux nageoires dorsales sont contiguës et la deuxième débute par une base fortement tuméfiée. D'autre part, l'orifice cloacal est délimité par deux épais bourrelets injectés dont le postérieur forme ce que l'on appelle la nageoire anale. La portion caudale de l'animal est tournée vers le haut.

Chez le mâle, les nageoires sont également contiguës. Mais le bourrelet de la seconde dorsale fait défaut. Celle-ci est particulièrement haute et injectée de sang. Le tube urogénital est

fortement saillant; la portion caudale est recourbée vers le bas.

L'auteur a eu l'occasion de suivre l'apparition de cette livrée sexuelle sur un lot important de lamproies provenant de la Meuse hollandaise et tenues en aquarium à partir du mois de février.

L'auteur a fait les constatations suivantes :

Jusqu'à la fin du mois de mars, il n'est pas possible de déterminer le sexe de ces animaux. Ils sont restés à l'état présexuel. Les œufs sont encore fixés dans l'ovaire et les spermatides globuleuses.

Vers le 10 avril, chez la plupart d'entre eux, les nageoires dorsales se réunissent et la papille génitale se tuméfie. Alors le tube uro-génital des mâles a atteint sa longueur maximale; la nageoire dorsale des femelles montre les premiers signes d'épaississement.

Le 14 avril, Damas ouvre l'abdomen d'une femelle dont les caractères sexuels ne sont pas encore pleinement développés. Il trouve tous les œufs détachés de l'ovaire et aptes à la fécondation. A ce moment, quelques mâles fournissent du sperme actif.

C'est sur de tels poissons que l'auteur a injecté dans les sinus sanguins qui séparent les muscles de la tête, 1 ou 2 cc. d'urine de femme gravide préalablement agitée avec l'éther pour la débarrasser de sa folliculine.

L'introduction de ce liquide provoque la distension des sinus, le gonflement de la tête et l'étalement de la ventouse.

Le résultat fut une apparition prématurée des caractères sexuels, et une ponte plus hâtive.

L'auteur a fait également une injection de 1 cc. d'extract antéhypophysaire (= 0,1 gr. d'extract sec) à trois lamproies ne présentant aucun caractère sexuel externe. La première injection faite le 8 mars fut renouvelée les 11, 16 et 21 mars. Le 11 mars, les nageoires dorsales étaient réunies. Le sexe des individus était reconnaissable le 28 mars. Le 6 avril, la femelle fut ouverte. Les œufs étaient tous détachés de l'ovaire et d'aspect normal.

Ils furent fécondés par le sperme d'un mâle de la même expérience. Cette culture donna de nombreuses larves naegeuses.

Aux mêmes dates, l'auteur a fait des injections de 1 cc. d'hypophysine (= 0,1 gr. d'extract sec de la glande totale) à trois lamproies. Trois jours après la première injection, les nageoires étaient réunies. Le sexe de ces individus devint reconnaissable le 28 mars. Ils ne fournirent du sperme que le 6 avril.

On voit donc que les sécrétions antéhypophysaires hâtent l'apparition des caractères sexuels de la lamproie et avancent la date de la reproduction. Les produits sexuels ainsi avancés donnent naissance à des larves normales.

II. — SECRETION TESTICULAIRE

Eversole, en 1939, a injecté du propionate de testostérone à *Lebistes reticulatus* femelle. Il a obtenu une diminution de l'accroissement du corps. La femelle normale a 31 mm., la femelle traitée a 21 mm. Pour interpréter ce résultat, il convient de noter que le mâle normal a 18 mm. Il a encore obtenu une suppression de l'ovogenèse et une apparition de quelques-uns des caractères secondaires du mâle.

Owen étudiant le poisson *Achelognathus* du Japon, jugeant les caractères secondaires sexuels par le développement de l'appareil mélanophorique, a injecté du testotérone avec des résultats positifs dans 100 % des cas chez le mâle et 66 % des cas chez la femelle.

Les extraits aqueux testiculaires n'ont donné des résultats positifs que dans 50 % des cas chez le mâle et chez la femelle.

C'est aussi des résultats positifs qu'avait noté Wunder en 1931 chez *Rhodeus amarus* en injectant des extraits testiculaires.

III. — SECRETION OVARIENNE

Berkowitz injecte de l'estrogène à des mâles de *Lebistes reticulatus*. Il note chez ces mâles la suppression des caractères sexuels secondaires et l'apparition de quelques caractères secondaires féminins. Quant aux gonades, on a soit un arrêt de développement, soit un type hermaphrodite.

Chez la femelle, l'estrogène a peu d'action sur l'ovaire.

Weisman, Mishkind, Kleiner et Coates ont extrait l'hormone des ovaires de *Xyphias gladius*. Ils l'injectent aux rats castrés. Ils obtiennent le phénomène vaginal de l'œstrus.

En terminant, nous notons qu'un certain nombre d'auteurs, dans le but pratique de détecter la grossesse, ont fait absorber des urines de femmes enceintes à des poissons. Les résultats sont d'ailleurs variables et plus ou moins heureux.

Owen note 75 % de résultats positifs avec *Rhodeus amarus*.

Calvet, en 1932, a injecté pendant deux jours de suite 0,2 cc. d'urine de femme enceinte à une jeune lamproie. Celle-ci n'a survécu qu'un jour, mais déjà on pouvait noter à la base de l'ébauche génitale l'apparition de nombreux ovocytes beaucoup plus évolués que chez l'Amnocète normal.

L'auteur a, devant les difficultés provoquées par les injections, mis les lamproies dans un bain d'urine diluée avec un tiers d'eau. Elles y séjournaient 8 à

10 minutes toutes les 24 heures pendant 10 jours, et étaient sacrifiées 5 à 6 jours après. Il s'était produit un développement net des Ovocytes et une disparition presque totale du tissu conjonctif.

On voit que les principes actifs contenus dans l'urine de femme enceinte, folliculine ou substance antéhypophysaire, non seulement accélèrent le cycle génital mais peuvent encore le provoquer à contre-temps chez des animaux à cycle temporaire.

Boucher M., Boucher S. et Fontaine ont également étudié l'action de l'urine de femme enceinte sur des anguilles pouvant arriver à maturation des régions et dont les individus trouvés sexuellement mûrs constituent des pièces extrêmement rares.

L'urine de femme enceinte était introduite par injection intramusculaire dans la région caudale de l'animal.

Les expériences les plus intéressantes par leurs résultats ont porté sur des anguilles mâles, argentées, provenant des marais de Brière, et qui ont été conservées 2 mois dans l'eau de mer.

L'une, de 59 gr., ayant reçu au cours de 2 semaines, 3 injections représentant en totalité 13 cc. d'urine de femme enceinte, a été sacrifiée 15 jours après la dernière injection. Déjà les testicules avaient considérablement augmenté de volume, perdu toute transparence et l'histologie confirmait une évolution très nette vers la maturité sexuelle.

Une autre anguille de 45 gr., qui avait reçu dans le même temps 3 injections représentant 6 cc. des

mêmes urines, a été conservée vivante 7 semaines et au bout de ce temps est morte naturellement.

Les organes génitaux étaient très développés, les lobes très agrandis et épaissis étaient d'un blanc laiteux et l'aspect général rappelait celui de l'anguille mâle sexuellement mûre trouvée par A. Feddersen en 1903.

D'autres expériences des mêmes auteurs ont porté sur de grosses anguilles femelles d'avalaison provenant de la Loire. Mais étant donné la taille de ces individus, les poissons ont dû être conservés en eau douce. Dans ces conditions, une anguille de 1.200 gr. ayant reçu de décembre à mars 7 injections de 10 cc. chacune d'urine de femme enceinte, a été sacrifiée 15 jours après la dernière injection. Le rapport du poids des organes génitaux au poids du corps était de 3,4 %. Or, dans le même lot, 8 anguilles sacrifiées sans avoir subi aucun traitement, présentaient un rapport de 1,5 en moyenne.

Chez l'anguille femelle ce résultat est donc également satisfaisant. Les auteurs notent que chez les deux sexes, sous l'action de ce traitement, les yeux s'agrandissent sensiblement.

CHAPITRE XVII

LES FERMENTS DIGESTIFS

L'étude des ferments digestifs des poissons a été réalisée dès 1911 par Van Slycke et White. Les auteurs s'intéressent surtout aux temps de la digestion. Ils montrent que chez Dogfish, 2 et 3 jours sont nécessaires pour la digestion alimentaire, ce qui correspond à peu près à 6 fois la période nécessaire à la digestion chez les mammifères. Ils pensent à l'effet d'une différence thermique. Svolima, en 1919, étudiant le même sujet, trouve la durée de la digestion égale à 5 jours chez le poisson. En 1899, Young l'avait réduite à 10 heures. En 1925, Keryon compare la digestion chez différentes classes de vertébrés. La digestion peptique semble remarquablement uniforme chez les animaux étudiés, la carpe exceptée.

I. — LES FERMENTS HYDROLYSANT LES GLUCIDES

Hunter montre que l'amylase et l'invertase se rencontrent chez les poissons herbivores en plus grande quantité que chez les carnivores. Apparemment, il y a peu de changement dans le caractère des enzymes

et dans leur activité pendant l'évolution. Vonk, en 1928, montre la production de grandes quantités de carbohydrases dans la carpe herbivore, contrairement à ce qui se passe chez le brochet, carnivore. L'auteur admet que les enzymes des poissons sont semblables à celles des animaux à sang chaud. Chesley a repris la question en 1934, dans une revue qui s'applique à différencier les différentes amylases suivant leur coefficient thermique. Les températures optima étaient le plus souvent plus basses pour les amylases de poïkilothermes. L'auteur montre que les amylases biliaires et pancréatiques de plusieurs poissons marins ont un optimum critique à pH 7,2 quand la température est à 32° C, dans un milieu tamponné par des phosphates en résence de ClNa. Hyckes, Mazanec et Szecsenyi ont fait, de leur côté, une étude assez approfondie des ferments hydrolysant les glucides. Les auteurs ont cherché à mettre en évidence l'influence de la température et du pH sur la vitesse de la digestion des glucides. Ils ont également cherché le taux minimum d'enzyme capable de provoquer la digestion. Les auteurs ont opéré avec des macérés d'intestin provenant de 33 sujets.

La muqueuse de l'intestin a été extraite par la glycérine, puis filtrée et diluée au tiers par l'eau distillée. La digestion portait sur de l'amidon en solution coloré en bleu par l'iode. La dose d'amidon était de 1 gr. pour 30 cc. d'eau. 0,5 cc. de cette solution était mélangée avec 0,25 cc. de macéré intestinal. Les auteurs constataient que pour les températures de 5, 10 15, 22, 37, 45, 50°, la décoloration de l'amidon se manifestait respectivement en 4 h. 40 min.; 1 h. 30; 60 min.; 17 min.; 10 min.; 3 min.; et 5 min.

La température optima est donc située entre 45 et 50°. Mais une température plus élevée ne provoque pas la destruction totale du pouvoir diastasique. Un extrait de muqueuse intestinale maintenu pendant une heure à 90° reste encore actif et digère l'amidon en 90 min. à 22°.

D'après les résultats de ces auteurs, l'amylase de l'intestin de la perche a une grande activité et elle digère encore pour des quantités minimales. Les auteurs ont trouvé qu'un millième de la quantité initiale de l'extrait intestinal digère encore l'amidon en 45 h. à 24°, tandis que la dilution au 1/2 digère la même quantité d'amidon en 75 min. On peut en conclure que ce sont justement ces taux minima contenus dans l'extrait qui avait été déposé à la température de 90° qui ont digéré l'amidon naturellement dans un temps prolongé.

II. — LES FERMENTS HYDROLYSANT LES LIPIDES

Les ferments lipolytiques ont été assez peu étudiés à notre connaissance. Hykes, Mazanec et Szeconsenyi ont étudié le pouvoir d'hydrolyse des ferments de la muqueuse intestinale de perche. Pour cela ils ont observé la désintégration de la tributyrine au moyen du stalagmomètre.

Les auteurs ont utilisé 1 cc. d'extrait, préparé comme il est dit plus haut, pour 50 cc. de la solution saturée de tributyrine et 2 cc. du tampon de phosphates. La température optima, notée par ces auteurs,

a été de 26° ; le pH optimum de 6,64 ; dans ces conditions, 60 % de la tributyrine ont été décomposés au bout d'une heure.

A propos de la lipase, Hunter fait remarquer que le Menhaden, qui mange essentiellement des plantes riches en huiles, ne contient cependant que très peu de lipase. Et il le classe parmi les poissons « mal adaptés. On a étudié la spécificité de la lipase des différents poissons, herbivores, omnivores et carnivores sur les esters éthyliques de l'acide mandélique. La carpe et le gardon, herbivores, ont une lipase active sur le l. mandélate ; la brème, omnivore, de même que la truite, la perche et le brochet, carnivores, ont une action élective sur le d. mandélate. L'auteur conclut donc à un rapport certain entre la nourriture du poisson et la spécificité de sa lipase.

III. — LES FERMENTS HYDROLYSANT LES PROTIDES

Hykes, Mazanec et Szecsenyi ont opéré sur les macérés de la muqueuse gastrique et de la muqueuse intestinale de perches.

La muqueuse gastrique était laissée à macérer plusieurs jours dans l'eau distillée à 0,01 pour 100 d'HCl. Celle de l'intestin était extraite par la glycérine puis filtrée et diluée au 1/3 avec de l'eau distillée. La digestion portait sur de la fibrine colorée au préalable avec du carmin ammoniacal et soigneusement lavé, sur l'ovalbumine d'œuf, coagulée et réduite en petits morceaux, et sur de la gélatine d'après la méthode stalagmométrique.

Le pouvoir protéolytique des enzymes varie suivant la température, suivant le pH et encore suivant la nature des albumines soumises à son action.

L'activité maxima apparaît dans tous les cas sur la fibrine ; l'albumine d'œuf dur est plus facilement attaquable que la gélatine.

Les macérés de la muqueuse gastrique se montrent déjà actifs à la température de 1° ; avec l'élévation de la température, la vitesse de la digestion s'accélère jusqu'à la température optima, puis elle se ralentit de nouveau.

Aux températures de 1°, 5°, 10°, 15°, 20°, 30°, la fibrine a été digérée en 50, 45, 40, 30, 20, 15 min.; la température optima se trouve aux environs de 30°. L'albumine d'œuf et la gélatine ont le même pH optimum pour la digestion peptique : la première substance est digérée à 30° en 3 h. 1/2, à 15° en 30 h. et à 10° en 46 h.; la deuxième est digérée à 30° en 22 h. tandis qu'à la température de 15° elle est digérée seulement à moitié et à 10° au 1/3.

Le pH optimum varie suivant la nature des protéines, s'élevant pour la fibrine à pH 1,65, pour la gélatine à pH 1,8.

La durée de la digestion totale suivant le pH est la suivante :

Pour la fibrine :

pH	8,9	9,4	11,1	11,3	11,6	12,1	12,7
Durée de la digestion :							
325 min.		165	105	100	45	65	80

Pour la gélatine :

pH	7,9	8,9	9,4	9,7	10,1	11,6	12,1	12,4
durée en min. :								
	75	80	85	90	120	135	150	165

Pour l'albumine d'œuf :

à pH	11.0-11.3	11.6-12.1	12.4
durée en min.....	2565	1860	1500

L'inactivation de la pepsine par la température élevée se manifeste déjà à la température de 60° ; si les râclures de muqueuse gastrique sont soumises sans addition de HCl à cette température pendant 15 min. le pouvoir digestif de cette muqueuse après addition de HCl est tellement affaibli que le commencement de la digestion ne se manifeste qu'après 14 h. L'exposition de l'extrait additionné de HCl à la même température diminue très peu l'activité de celui-ci, et dans ce dernier cas, l'activité, la digestion est terminée en 30 min. On peut reconnaître le pouvoir protecteur de l'HCl pour la pepsine des poissons. Les températures encore plus élevées (70° et plus) détruisaient le ferment pepsique de la perche, au cours de ces expériences.

Les extraits glycerinés de la muqueuse de l'intestin sont plus actifs sur la fibrine à la température optimale située entre 25-37°, sur la gélatine à la température de 26°, sur le blanc d'œuf dur à 37° ; par chauffage pendant 15 min. à la température de 70°, l'activité des ferments protéolytiques de cette muqueuse n'est pas supprimée ; elle est seulement affaiblie. Tandis que le chauffage à 50-60°, pendant 15 min., amenait une digestion complète de la fibrine en 1 h. 45 min., l'extrait soumis 15 min. aux températures de 70, 80, 90° digérait la même quantité de fibrine en 2h. 35, 3 h. 35 et dans ce dernier cas, la digestion n'était pas terminée même après 4 h. 35. En ce qui concerne

l'optimum du pH de la digestion de la muqueuse intestinale, les auteurs ont trouvé, au moyen du tampon de glycocole et de soude, pour la fibrine pH 12,85, pour la gélatine pH 9,36 ; pour l'ovalbumine pH 12,3.

CHAPITRE XVIII

LES MEDiateURS NEUROCHIMIQUES

Les médiateurs neurochimiques paraissent avoir peu été étudiés chez le Poisson. Voici quelques renseignements que nous avons pu recueillir dans divers auteurs.

En 1938, Vincent, dans sa thèse de Sciences, indique que le pancréas de *Raja clavata* contient 1 γ 8 d'acétylcholine, ce qui le situerait dans la zone moyenne des Vertébrés. Son estomac contiendrait 0 γ 5. L'estomac de *Scyllium canicula* contiendrait 1 γ, ce qui, encore, est dans la moyenne des Vertébrés.

Le système nerveux de *Raja clavata* en contient de 2 γ à 4 γ 5; celui de *Scyllium canicula* de 2 γ 5 à 5 γ; celui de *Labrus bergylta* 1 γ à 4 γ, chiffres relativement élevés. Vincent rapporte ces chiffres d'après Corteggiani.

CONCLUSIONS

Après avoir résumé aussi fidèlement et aussi complètement que possible les divers travaux relatifs à la biochimie du poisson, il nous reste en manière de conclusion à essayer de grouper sous quelques chefs les notions générales qui se dégagent de ces observations multiples.

Il nous semble que l'on peut ainsi réunir les faits :

1° Un certain nombre d'observations paraissent être l'expression chimique d'une adaptation aux conditions mécaniques de la vie aquatique. Elles reflètent les différents modes auxquels s'est pliée la vie de relation. Tels sont l'augmentation du phosphagène dans les muscles les plus souvent utilisés, l'accroissement de la glycémie chez les espèces les plus actives, enfin l'efficacité plus grande de telle ou telle diastase selon le type alimentaire. C'est l'adaptation au sens Lamarckien du mot, celle que Cope appelle cytogénique.

Les faits observés ne sont que l'expression primitive, chimique, d'un développement progressif des organes, de ce que Le Dantec appelle l'assimilation fonctionnelle.

2° Un bien plus grand nombre d'observations répondent à des exigences « climatiques », à des con-

ditions physiques, chimiques ou physico-chimiques, du milieu aquatique.

L'adaptation à l'eau douce conditionne le plus grand nombre de ces faits. Elle se marque par des caractères spéciaux des lipides, une valeur particulière du Δ sanguin conditionné chez les téléostéens par une modification ionique, chez les élasmobranches par une diminution de l'urée sanguine. Dans tous les cas, on observe une augmentation de la réserve alcaline qui répond à une instabilité plus grande du pH du milieu extérieur et une modification des possibilités respiratoires qui s'efforcent de pallier aux grandes variations en oxygène des eaux fluviales.

Cette adaptation lente, qui s'est réalisée pendant les temps géologiques, peut quelquefois chez certains poissons faire place à une adaptation rapide qui n'exige que quelques jours pour être parfaite. Le mécanisme en a été détaillé. C'est le passage de l'eau douce à l'eau salée des euryhalins. Ce mécanisme est différent de celui des adaptations lentes. C'est ainsi que chez l'anguille qui passe de l'eau douce à l'eau salée, le Δ ne se hausse jamais jusqu'au niveau de celui des poissons marins. Une certaine résistance présentée par le mucus de la peau contre l'invasion du milieu extérieur fait que l'animal d'eau douce n'accepte jamais complètement la formule chimique des poissons marins.

3° Après avoir ainsi expliqué une partie des caractères, on serait heureux de dégager les éléments les plus spécifiques du groupe des poissons. Les bases

zoologiques de la classification n'ont pas malheureusement une équivalence chimique claire. Nous savons mal, par exemple, pourquoi les chordés ont un tissu qui se différencie en une corde et nous ne savons pas non plus comment chimiquement ou plutôt physico-chimiquement se fait cette différenciation. Si la limite inférieure du groupe se traduit par quelques différences récemment dégagées (présence d'érythrocrurine et de globuline à poids moléculaire spécial chez les cyclostomes), par contre la limite supérieure avec les batraciens n'est encore marquée par aucune différence chimique bien nette.

4° La distinction à l'intérieur du groupe des poissons entre les divers sous-groupes est chimiquement plus nette :

a) La différenciation entre les élasmobranches et les téléostéens est facile. C'est un métabolisme des nucléoprotéides différent dans l'un et l'autre cas, une réserve alcaline plus élevée chez les téléostéens, un plus grand nombre de globules rouges dans ce sous-groupe, une réalisation différente de l'équilibre osmotique, une répartition non comparable des ions.

b) Les dipneustres avec leur adaptation spéciale à une vie aérienne à métabolisme diminué, constituent eux aussi un sous-ordre bien à part.

5° Les différences chimiques entre les espèces sont elles aussi nombreuses. C'est un état oxydoréducteur spécial qui va chez les squales jusqu'à la production de carbures d'hydrogène comme élément de réserve. C'est, par exemple, une richesse particulière en protéines et spécialement en sérine chez les apodes.

Telles sont les conclusions générales auxquelles on doit se borner si l'on veut limiter le sujet à l'étude des poissons. L'intérêt serait grand de comparer ce groupe aux autres vertébrés, mais nous devons savoir nous borner au programme que nous nous sommes fixé.

Vu :

Le Doyen,
JEAN LEPINE.

Vu :

Le Président de la Thèse,
V. CORDIER,

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 3 Mai 1941

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
A. LIRONDELLE.

BIBLIOGRAPHIE

- ABDERHALDEN (E.). — Die Monoaminosäuren des Salmins. *Zeit. für physiol. Chem.*, 1904, **41**, 55-58.
- ACARTENI (A.) e MORELLI (A.). — Ricerche sul la costituzione chimica dei muscoli di alcuni animali marini. Nota II. Le sostanze azotate estrattive del tessute muscolare di *Mugil cephalus*. *Quad. Nutr.*, 1934, **1**, 443-449.
- ACKERMANN (D.) und FUCHS (H.). — Über stickstoffhaltige Bestandteile der leber des Kabeljaus. *Zeit. für Biol.* 1938, **99**, 178-181.
- ADDYMAN GARDNER (J.), KING (G.) and BOOTH POWERS (E.). — The Respiratory Exchange in Fresh Water Fish. *Gold Fish. Biochem. Journ.* 1922, **16**, 523-529.
- AHMAD (B.) and DRUMMOND (J. C.). — The relative vitamin A value of the body and liver oils of certain fish. *Biochem. Journ.*, 1930, **24**, 27-36.
- ALMY (L. H.). — La décomposition de la cystine libre et combinée et certains effets de la chaleur sur le poisson frais. *Am. Chem. Soc.* 1927, **49**, 2540-2545.
- AMER (J.). — Présence d'hormone sexuelle mâle dans les testicules de Poissons. *Pharm. Assoc.* 1936, **26**, 378-380.
- ANDERSON (A. G.). — On the decomposition of fish. *26th Rep. Fish. Scotland*, 1908, 13-39.
- ANDRÉ (E.). — Les huiles d'animaux marins. *Bull. Soc. Chim.* 1923, **33**, 469-506.
- ASVADOUROVA (Mlle N.). — Formation de quelques cellules pigmentaires et des pigments. *Arch. Anat. Mic.* 1913; **15**; 153-289.
- AUDIGÉ (J.). — Contribution à l'étude des reins des poissons téléostéens. *Thèse Sc. Nat. Paris* 1909-1910. 350 p.
- BAHR (O.) und VILLE (O.). — Untersuchungen über die Phosphatide der Fische. Über den Phosphatidgehalt reiner deutscher Fischmehle. *Fisch u. Fischwirtsch.*, 1931, 113 p.
- BAILEY (B. E.). — The nutritive value of marine products. The vitamin A potency of salmon liver oil. *Forgr Rep. Pacific Biol. Stab. and Fish emp. Stal.* 1934, **8**, 267-274.

- The nutritional value of marine products. V. The vitamin A content of ling cod liver. *Contr. Canad. Biol. and Fish.*, 1933, 7, 405-412.
- BAILEY (R. J.). — The Ovarian Cycle in the viviparous Teleost Xiphophorus Helleri. *Biol. Bull.* 1933, 64, 206-225.
- BALDWIN (E.). — An introduction to comparative biochemistry. *Cambridge University Press*. 1937.
- BALDWIN (E.) and NEEDHAM (D. M.). — A contribution to the Comparative Biochemistry of Muscular and Electrical Tissues. *Proc. Roy. Soc. of London* 1937 (B), 122, 197-219.
- BALLAND. — Sur la composition des poissons, des crustacés et des mollusques. *C. R. Ac. Sc.*, 1898, 126, 1728-1731.
- BARRESWILL. — Sur le blanc d'Ablette. *C. R. Ac. Sc.* 1861, 53, 246-248.
- BAUDIN (L.). — Variations des échanges respiratoires des poissons en fonction de la pression barométrique. *C. R. Ac. Sc.* 1930, 191, 530-532.
- Variations diurnes du sang chez les poissons. *C. R. Ac. Sc.* 1933, 197, 1353-1354.
- Action de la tricaïne sur le sang des Poissons. *C. R. Soc. Biol.* 1934, 115, 510-512.
- BAUDONY (Th.). — La formation de l'ovokératine chez Raja batis. *C. R. Ac. Sc.* 1938, 207, 1008-1010.
- BAYLISS (L. E.), LYTHERGORE (R. J.) et TAUSLEY (K.). — De quelques formes nouvelles du pourpre rétinien existant chez les Poissons de mer. Note sur l'origine des cellules visuelles. *Proc. Roy. Soc. of London*, 1936, Ser. B.; 120; 95-113.
- BELL (D. J.). — Fish and Rabbit liver Glycogens. *Nature* 1935-1936, 184-185.
- BELL (D. J.) and KOSTERLITZ (H.). — Liver Glycogen : 11 Acyl derivatives and « regenerated glycogen ». *Biochem. Journ.* 1935, 29 (2), 2027-2030.
- BENSON (C. C.). — Chemical change in Fish Muscle during rigor Mortis. *Journ. of biol. Chem.*, 1925, 63, *Scient. Proc.* LXXII. — LXXIII.
- BENSON (C. C.). — Hydrogen Ion Concentration of Fish Muscle. *Journ. of biol. Chem.* 1928, 78, 583-590.
- BERTIN (L.). — Recherches biocromiques, biométriques et systématiques sur les Epinoches. *Ann. Inst. Océan*, 1925, 2, 1-209.
- BIERRY (H.) et KOLLMANN (R.). — Remarques préliminaires sur les îlots de Langerhans des Téléostéens. *Arch. de Zool.*, 1927-1928, 41 p.
- BIGELOW. — Océanography. Chapman and Hall. London, 1931.

- BILLS (C.-E.), MASSENGALE (O.-N.) and IMBODEN (M.). — Demonstration of the existence of two forms of vitamin D in fish liver oils. *Science*, 1934, **70**, 596.
- BILLS (Ch.-E.), Mc DONALD (F.-G.), etc... — A taxonomic study of the Distribution of vitamins A and D in one Hundred species of Fish. *Journ. of biol. Chem.*, 1935, **109**, VII.
- BODANSKY (O.), BAKWIN (H.). — The Distribution of phosphatase in the tissues of Teleosts and Elasmobranchs. *Journ. of biol. Chem.* 1931-32, **94**, 551-560.
- BODANSKY (M.). — Biochemical Studies on Marine Organism.. II The occurrence of zinc. *Journ. of biol. Chem.*, 1920, **44**, 399-407.
- Biochemical studies on marine organisms. The occurrence of zinc. *Journ. of biol. Chem.*, 1920, **44**, 399-407.
- BORCEA (J.). — Recherches sur le système uro-génital des élasmobranchés. *Thèse Sc. Nat. Paris* 1905-06, 287 p.
- BORUKMANN (J. H. A.) und Reith (J. F.). — Ueber die Iodbestimmung in Seefischen und Fischmehl. *Zeit. anal. Chem.* 1933, **93**; 103-105.
- BOTTARD. — Les poissons venimeux. Contribution à l'hygiène navale. *Thèse méd.*, Paris, 1889.
- BOUCHER (S.), BOUCHER (M.), et FONTAINE (M.). — Sur la maturation provoquée des organes génitaux de l'Anguille. *C. R. Soc. Biol.* 1934, **116**; 1284-1286.
- Mme BOUCHER-FIRLY (S.). — Sur la teneur en protéines du sérum d'anguille et de congre et ses variations au cours des changements de salinité. *C. R. Soc. Biol.* 1934, **115**, 952-954.
- Sucre libre et Sucre protéidique chez l'anguille. Influence de l'asphyxie. *C. R. Soc. Biol.* 1934, **116**; 6-8.
- Mme BOUCHER-FIRLY (S.). — Recherches biochimiques sur les Téléostéens Apodes (anguille, congre, murène). *An. de l'Inst. Océan.*, 1935, **15**, 217-318.
- Le glutathion chez l'anguille et le congre. Les rapports avec les phénomènes respiratoires. *C. R. Soc. Biol.* 1933, **112**, 1291-1292.
- BOYD (W. J.). — The constitution of cod muscle. *Rep. Food. Invest. Board for the year.* 1927, 1928, 86-87.
- BRAZIER-HOWELL. — Aquatic Mammals. Charles Thomas Baltimore, 1930.
- BRENTON R. LUTZ. — The innervation of the Stomach and Rectum and the Action of Adrenaline in Elasmobranch Fishes. *Biol. Bull.* 1931, **61**, 93-100.

- The effect of Adrenalin on the Aurick of Elasmobranch fishes. *Am. Journ. of Physiol.* 1930, **94**, 135-139.
- BRIGGS (A. P.). — A modification of the Bell Doisy phosphate method. *Journ. of biol. Chem.* 1922, **53**, 13-16.
- BROCKMANN (H.) und BUSSE (A.). — Über das antirachitische Vitamin aus Bluefin Thune-leberöl. *Zeit. für Physiol. Chem.* 1937, **249**, 176-180.
- BROWNE (B.) and BEAL (G. D.). — The highly unsaturated fatty acids of fish oils. *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 1923, **45**, 1289-1303.
- BROCKMANN (H.) und BUSSE (A.). — Die constitution des antirachitischen vitamins der Thunfischleber. *Zeit für Physiol. Chem.*, 1938, **256**, 252-270.
- Über das Antirachitische Vitamin aus Bluefin Thuneleberöl. *Zeit. für Physiol. Chem.*, 1937, **249**, 176-180.
- Die Konstitution des antirachitischen Vitamins der Thunfischleber. *Zeit für Physiol. Chem.* 1938, **256**, 252-270.
- BRUNEL (A.). — Métabolisme de l'azote d'origine purique chez les Poissons et Batraciens.
1. — Catabolisme de l'azote d'origine purique chez les sélaciens. *Bull. Soc. Chim. Biol.* 1937, **19**, 805-829.
2. — Catabolisme de l'azote d'origine purique chez les Téléostéens. *Bull. Soc. Chim. Biol.* 1936, **19**, 1027-1036.
- BULLEN (F.). — The cruise of the Cachalot. *London. Smith, Elder and Co*, 1903.
- BURWASH (F. M.). — The iodine content of the thyroid of two species of elasmobranchs and one species of Teleost. *Contrib Can. Biol. and Fisheries* 1929, **4**, 115.
- CALLERY (Mlle) et PORTIER (P.). — Influences des pressions élevées sur les phénomènes osmotiques. *C. R. Soc. Biol.*, 1910, **69**, 245-246.
- CALVET (I.). — Action du lobe antérieur d'hypophyse chez divers vertébrés (Lamproies, Oiseaux). *C. R. Soc. Biol.* 1932; 595-597.
- CAMERON (A.-T.). — Notes on the iodine content of fish thyroids. *Biochem. Journ.* 1913, **7**, 466-470.
- The iodine content of the thyroid and of some branchial cleft organs. *Journ. of biol. Chem.* 1914, **16**, 467-476.
- CAMUS (L.) et GLEY (E.). — Recherches sur l'action physiologique des Ichtyotoxines. Contribution à l'étude de l'immunité. Masson, Paris, 1912.
- CANNICI (G.). — Contributo allo studio del glutatione nei Teleosti. *Atti R. Ac. Lincei*, 1930, **11**, 601-606.

- CARTENI (A.) e MORELLI (A.). — Ricerche sulla costituzione chimica dei muscoli di alcuni animali marini. Nota I. Le proteine del tessuto muscolare di *Mugil cephalus*. *Quatr. Nutr.*, 1934, **1**, 185-191.
- CARTENI (A.) e ALOJ (G.). — Composizione chimica di animali marini del Golfo di Napoli. Selaci. Molluschi, Crostacei. *Quadr. Nutr.*, 1935, **2**, 219-235.
- CATOIS (E.). — Recherche sur l'histologie et l'anatomie microscopique de l'encéphale chez les Poissons. *Thèse Sc. Nat. Paris*, 1900, 166 p.
- CHABRE (Paul). — Etude sur les huiles de foie de morue. Leur teneur en vitamines A et D. *Thèse de Méd.*, 1936, Marseille, 100 p.
- CHANNON (H.-J.) and SABY (M.-K.-E.). — Fat metabolism of the Herring. I. A preliminary survey. *Biochem. Journ.*, 1932, **26**, 2021-2034.
- CHARVOZ (M.). — Recherches biologiques expérimentales sur les fonctions sensorielles et psychiques des Téléostéens. *Thèse Sc. Paris*, 1926, 236 p.
- CHAUCHARD (P.). Sur la teneur en O dissous des eaux de la Seine maritime. *C. R. Acad. Sc.*, 1934, **198**, 594-597.
- Les facteurs de variation du pouvoir réducteur de l'eau de mer. *Ann. de l'Inst. Océan.*, 1935, **15**, 329-404.
- De quelques caractéristiques physico-chimiques des eaux de la baie de Villefranche. *C. R. Acad. Sc.*, 1934, **198**, 1710-1712.
- CHEVREL (R.). — Sur l'anatomie du système nerveux grand sympathique des Elasmobranches et des poissons osseux. *Thèse Sc. Nat. Paris*, 1889-90, 197 p.
- CLARK (Ernst D.) and CLOUGH (R. W.). — Chemical composition of fish and shellfish. Appendix X to the Rep. of the U. S. *Comm. of Fisheries for*, 1925, 1926, 502-526.
- CLARK (Ernst D.) and ALMY (Lloyd H.). — A chemical study of food fishes. The analyses of twenty common food fishes, with special reference to a seasonal variation in composition. *Jour. of biol. Chem.*, 1918, **33**, 483-498.
- A study of Food Fishes. The complete analysis of Tweroy Common Food Fishes, With Especial Reference to a seasonal variation in composition. *Journ. of biol. Chem.*, 1917, **29**, XXII.
- COBB (John N.). — The canning of fishery products. Seattle, 1919.
- COLLETT (M. E.), RHEINBERGER (M.) and LITTLE (E. G.). — On the Question of the specificity of the Intracellular Dehydrogenases, *Journ. of biol. Chem.*, 1933, **100**, 271-275.

- COLLIP (J. B.).** — The effect of insulin on the oxygen consumption of certain marine fish and invertebrates. *Am. Journ. of Physiol.*, 1925, **72**, 181-182.
- The Alkaline Reserve of Marine Fish and Invertebrates. The excretion of carbon dioxide. *Journ. of biol. Chem.*, 1940, **44**, 329-343.
- COPPING (A. M.).** — Origin of vitamin D in cod-liver oil: vitamin A content of zooplankton. *Biochem. Journ.*, 1934, **28**, 1516-1520.
- COURRIER (R.).** — Etude préliminaire du déterminisme des caractères sexuels secondaires chez les Poissons. *Arch. Anat. Histol. et Embr.*, Strasbourg, 1922, **1**, 115-139.
- COUTIÈRE (H.).** — Poissons venimeux et poissons vénéneux. *Thèse Agrégation Paris*, 1899.
- COWARD (K. H.) and DRUMOND (J. C.).** — On the significance of vitamin A in the nutrition of Fish. *Biochem. Journ.*, 1922, **16**, 631-636.
- CUNY.** — Le dosage des sels biliaires dans la bile et le liquide duodénal. 1 vol. 222 p. Masson, Paris, 1930.
- CUNNINGHAM and Mac MUNN.** — On the coloration of the skin of fishes, specially of Pleuronectidæ. *Philos. Transac. Roy. Soc. London Ser. B.* 1893, **184**, 765-811.
- DAMAS (H.).** — Note sur l'apparition naturelle et provoquée des caractères sexuels chez la lamproie. *Bull. Soc. Roy. Sc. de Liège*, 1933, **2**, 94-98.
- DAWSON (A. B.).** — The relative Numbers of immature Erythrocytes in the Circulating Blood of Several Species of Marine Fishes. *Biol. Bull.*, 1933, **64**, 33-43.
- DEMENIER (G.).** — Sur la teneur en sérine et en globuline du sang de quelques poissons. *C. R. Soc. Biol.*, 1934, **115**, 555-557.
- DENIS (W.).** — The non-Protein Organic Constituents in the Blood of Marine Fish. *Journ. of biol. Chem.*, 1922, **54**, 693-700.
- Metabolism studies on Cold Blooded Animals. **11.** The Urine of the Fish. *Journ. of biol. Chem.*, 1912-13, **13**, 225-232.
- Metabolism studies on Cold Blooded Animals. **11.** The Blood and urine of Fish. *Journ. of biol. Chem.*, 1913-14, **16**, 389-393.
- Note on the tolerance shown by Elasmobranch. Fish Towards certain Nephrotoxic Agents. *Journ. of biol. Chem.*, 1913-14, **16**, 395-398.
- DERRIEN (Y.).** — Répartition du chlorure de sodium et du glucose entre le plasma sanguin et le corps vitré. *C. R. Soc. biol.*, 1937, **126**, 1011-1012.

- Répartition du ClNa, du glucose et de l'urée entre le corps vitré et le sérum sanguin chez un sélacien *Scylliorhinus stellaris*. *C. R. Soc. biol.*, 1939, **130**; 1141-1144.
- DEZAIN (S.) (1908). — Protein Bases of the Sperm and Ovaries of the Tunny Fish and their Products of Hydrolysis. *Giorn. R. Acad. Med. Torino*, 14; *Journ. of chem. Soc. Ales*, 1909, **2**, 163-164.
- DIAMARE und KUBLIABKO (A.). — Zur Frage nach der physiologischen Bedeutung der Langerhanschen Inseln im Pankreas. *Centralblatt für Physiol.*, 1904, **18**, 432-436.
- DILL (D. B.), EDWARD (H. T.) and FLORKIN (M.). — Properties of the Blood of the Skate (*Raja Oscillata*). *Biol. Bull.*, 1932, **62**, 23-35.
- DILL (D. B.). — A chemical study of certain Pacific coast fishes. *Journ. of biol. Chem.*, 1921, **48**, 73-82.
- DRILHON (A.). — Etude des échanges minéraux chez les Poissons homeiosmotiques. *C. R. Ac. Sc.*, 1937, **204**; 1502-1503.
- DRILHON (A.) et FLORENCE (G.). — Etude physico-chimique des sangs de Poissons. Courbes de neutralisation et de coefficient-tampon. *C. R. Soc. biol.*, 1935, **118**, 1320-1323.
- DRILHON (A.) et FLORENCE (M. G.). — Nouvelle contribution à l'étude physico-chimique du sang des poissons. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1936, **18**, 1055-1073.
- DRILHON (Mme A.) et FLORENCE (G.). — Recherches physico-chimiques sur le sang des poissons. *Arch. Phys. Biol.* (4), 1935, **12**; 180-193.
- DRUMMONT (J. C.) and ZILVA (S. S.). — The Origin of the vitamin A in Fish oils and Fish Liver Oils. *Biochem. Journ.*, 1922, **16**, 518-522.
- DUDLEY (H. W.). — Insulin from the codfish. The direct application of picric acid to the islet tissue. *Biochem. Journ.*, 1924, **18**, 665-670.
- DUVAL (M.). — Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques. Modifications sous l'influence du milieu extérieur. *Ann. Inst. Océan*, 1925, **2**; 233-409.
- Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques. *Thèse Fac. Sc. Blondel La Rougery*, Paris, 1925.
- EDISBURY (J. R.), MORTON (R. A.) and LOVERN (J. A.). — The Absorption Spectra of Acids from Fish-liver Oils. *Biochem. Journ.*, 1935, **29**, 859-908.
- EDWARDS (J. G.) and CONDORELLI (L.). — Studies on aglomerular and glomerular Kidneys. II Physiological. *Am. Journ. of Physiol.*, 1928, **86**; 383-398.

- EGGLETON (P.) and EGGLETON (G. P.). — The inorganic Phosphate and a labile Form of Organic Phosphate in the Gastrocnemius of the Frog. *Biochem. Journ.*, 1927, **21** (1), 190-195.
- EHRSTROM (R.). — Ueber ein neues Histon aus Fischsperma. *Zeit. für physiol. Chem.*, 1901, **32**, 350-354.
- ELLIS (M. D.) et JONES (R. O.). — Toxicité du Sélénium pour les Poissons. *Proc. Soc. exp. biol. Med.*, 1937, **36**, 519.
- EMBDEN (G.), DENTICKE (H. J.), LEHNARTZ (E.), PERGER (H.). — Unterschiede im chemischen und biologischen Verhalten lebensfrischer muskulatur vor verschiedenen Fischarten. *Zeit. für physiol. Chem. A*, 1927, **162**, 155-187.
- EULER (H. V.) und SCHMIDT (G.). — Ueber Nucleoproteide der Fisch-Testikel. *Zeit. für Physiol. Chem.*, 1934, **225** ; 92-107.
- EVANS (H. M.), LOND (M. D.). — Observations on the poisoned spines of the weever fish (trachinus Mraco). *British. Med. Journ.*, 1907, **1**, 73-76.
- EVERSOLE (W. I.). — The effect of androgens upon the Fish. *Endocrinology*, 1939, **25** ; 328-330.
- FABRE (R.), LEDERER (E.). — Contribution à l'étude des Lipochromes des Animaux. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1934, **16**, 105-117.
- FAURE-FREMIET (E.) et BAUDOUY (C.). — Sur l'ovokératine des sélaciens. *Bull. Soc. Biol.*, 1938, **20**, 14-23.
- FAURE-FREMIET (E.) et GARRAULT (H.). — Séparation d'une prokératine sécrétée par la glande nidamentaire de Raja Batis. *Bull. Soc. Chim. biol*, 1938, **20**, 24-30.
- FELIX (K.) et MAGERJ. — Das Protamin der Regenbogenforelle. *Zeit. für Physiol. Chem.*, 1937, **249**, 124-125.
- FIRLY (S.) et FONTAINE (M.). — Sur la teneur en protéines du sérum d'anguille et ses variations au cours des changements de salinité. *C. R. Acad. Sc.*, 1932, **194**, 1854-1856.
- Influence de l'asphyxie sur la teneur en P inorganique et en Cl du sérum des Carpes. *C. R. Soc. Biol.*, 1932, **109**, 1173-1174.
- Sur les relations existant dans le sérum d'anguille entre la teneur en protéine et le rapport de la pression osmotique due au ClNa à la pression osmotique totale. *C. R. Soc. Biol.*, 1932, **110**, 471-472.
- FLATTELY (F. W.) and WALTON (M.). — The biology of the sea shore. *Sidwick and Jackson*, London, 1922.
- FLORENCE (G.) et DRILHON (A.). — Etude physico-chimique des sangs de Poissons. Points iso-électriques. *C. R. Soc. Biol.*, 1935, **118** ; 1200-1202.
- FLORKIN (M.). — La fonction respiratoire du « milieu intérieur ». *Ann. de Physiol.*, 1934, **10**, 599 p.

- FONTAINE (M.). — Sur la relation existant chez les poissons marins et potamotoques entre la teneur en P inorganique du sérum et l'ossification du squelette. *C. R. Ac. Sc.*, 1932, **194**, 395-396.
- Sur le parallélisme existant chez les poissons entre leur résistance aux variations de salinité et l'indépendance de leur milieu intérieur. *C. R. Ac. Sc.*, 1930, **191** ; 796-798.
- Recherches expérimentales sur les réactions des êtres vivants aux fortes pressions. *Thèse Sc. Paris*, Blondel La Rougerie, 1930, 101 p.
- Sur la teneur en flavine des divers organes de l'anguille. *C. R. Ac. Sc.*, 1937, **204**, 1367-1368.
- FONTAINE (M.) et BOUCHER-FIRLY (S.). — Sur la teneur en protéines du sérum des poissons. *Bull. Inst. Océan. Monaco*, **610**, 1-12.
- Influence des changements de salinité sur la teneur en phosphore minéral du sérum des poissons. *C. R. Soc. Biol.*, 1932, **109**; 1271-1273.
- FONTAINE (M.) et Mme BOUCHER-FIRLY (S.). — Etude comparée de la réserve alcaline du sang des poissons en eau de mer et en eau douce. *Ann. de Physiol. Physic. biol.* 1933, **9** ; 769-771.
- FONTAINE (M.) et BOUCHER-FIRLY (S.). — Influence des variations de salinité sur la réserve alcaline du sang des poissons. *C. R. Soc. Biol.*, 1933, **113** ; 306-308.
- Sur la réserve alcaline du sang des poissons. *C. R. Ac. Sc.*, 1933, **196**, 1439-1441.
- FONTAINE (M.). — Rapport entre l'ossification du squelette et l'état du calcium sanguin chez les Poissons. *C. R. Ac. Sc.*, 1934, **199** ; 1452-1454.
- FONTAINE (M.) et BUSNEL (R.-G.). — Répartition de la flavine et des substances à fluorescence bleue dans la peau et les écailles de quelques poissons d'eau douce. *C. R. Ac. Sc.*, 1938, **206**, 1679-1680.
- De la localisation et de la nature de la flavine contenue dans la peau de l'anguille. *C. R. Ac. Sc.*, 1937, **204**, 1591-1593.
- Flavine et substances à fluorescence bleue dans la peau des Téléostéens. *C. R. Soc. Biol.*, 1938, **128**, 370-372.
- FONTAINE (M.) et PORTIER (P.). — Sur la teneur en calcium du sang des poissons marins. *C. R. Ac. Sc.*, 1931, **193** ; 1218-1220.
- FONTAINE (M.) et RAFFY (A.). — Influence de la suroxygénation du milieu extérieur sur la réserve alcaline du sang des poissons. *C. R. Soc. Biol.* 1934, **115** ; 798-800.

- FONTES (G.) et LINDERBERG (A.). — Etude du rapport Qa/Qe et du coefficient K de Nicloux pour l'acétone chez *Carassius auratus*. *C. R. Soc. Biol.* 1937, **125**; 456-458.
- FOSSE (R.), BRUNEL (A.) et DE GRAEVE (P.). — Nouvelle fermentation de l'acide urique provoquée par le foie de certains animaux. *C. R. Ac. Sc.* 1930, **190**, 79-82.
- FOSSE (R.) et BRUNEL (A.). — Un nouveau ferment. *C. R. Ac. Sc.*, 1929, **188**, 426-428; 1929, **188**, 1067-1069.
- FOX (C. J. J.). — On the Coefficient of absorption of the atmospheric gases dissolved in Sea Water. *Cons. perm. intern. explor. mer.* 21 et 44 1-31 1905-1909.
- FRÉMONT-SMITH (F.) and DAILEY (M. E.). — The nature of the Reducing Substances in the Blood Serum of *Limulus Polyphemus* and in the Serum, Cerebrospinal Fluid and aqueous Humor of Certain Elasmobranchs. *Biol. Bull.* 1932, **62**, 37-45.
- FUSCH (R. F.). — Der Farbenwechsel und die chromatische Hautfunktion der Tiere. 1913. *Hauduch der Vergl. Physiologie* Bd III.
- GAARDER (T.). — Ueber den Einfluss des Sauerstoffdruckes auf den Stoffwechsel. 11 - Nach Versuchen an Karpfen. *Biochem. Zeitschr.* 1918, **89**, 94-125.
- GAVER (F. van). — Contribution zoologique à l'étude des huiles d'animaux marins. *Thèse Sciences*, 1 vol. 139 p., Marseille, 1923.
- GHINST (M.). — Remarque sur la synthèse de l'acide thymonucléique pendant le développement de l'œuf de truite (*Salmo fario* et *Salmo irridens*). *Arch. de Biol.* 1934, **45**, 729-734.
- GILLAM (A. E.) and HEILBROM (E. M.). — II. On the occurrence and Constitution of the 693 μ chromogen (vitamin A²) of fish liver oils. *Biochem. Journ.* 1938, **32**, 405-406.
- GOLSCHMIT (M.). — Réactions physiologiques et psychiques des poissons. *Thèse Sc. Nat.* Paris 1914-15, 132 p.
- GORDON YOUNG (E.) and INMAN (W. R.). — The Protein of the Casing of Salmon Eggs. *Journ. of biol. Chem.* 1938, **123**, CII CXXXI.
- The Protein of the Casing of salmon Eggs. *Journ. of biol. Chem.* 1938, **124**, 189-193.
- GRADINESCO (A.) et HOFER (E.). — Influence du courant électrique sur la perméabilité branchiale chez quelques poissons d'eau douce. *Bull. Soc. Chim. biol.* 1935, **17**, 1054-1057.
- GRANEL (F.). — La pseudo-branchie des poissons. *Thèse Sc. Nat.* Paris 1927, 143 p.
- GRAY (I. E.) and HALL (F. G.). — Blood sugar and Activity in Fishes with Notes on the Action of Insulin. *Biol. Bull.* 1930, **58**, 217-223.

- GRÉCUE (Ch. W.). — Analysis of the Gases of the Air-bladder of the California Singing Fish, *Porichthys Notatus*. *Journ. of biol. Chem.*, 1924, **59**, 615-622.
- GREEN (A. A.) and ROOT (R. W.). — The Equilibrium Between Hemoglobin and Oxygen in the Blood of Certain Fishes. *Biol. Bull.* 1923, **64**, 383-404.
- GREHANT (M.). — Recherches physiologiques : 1° sur l'excrétion de l'urée par les reins; 2° sur la respiration des poissons. *Thèse Sc. Nat.* Paris, Masson, 1870, 50 p.
- GUITEL (F.). — Recherches sur les Lepadogasters. *Arch. Zoolog. exp.* 1888, **6**, 424-647.
- HALL (F. G.). — The Influence of varying Oxygen Tensions upon the Rate of Oxygen Consumption in Marine Fishes. *Am. Journ. of Physiol.* 1929, **88**, 212-218.
- Blood concentration in Marine Fishes. *Journ. of biol. Chem.* 1928, **76**, 623-631.
- The Influence of Varying Oxygen Tensions upon the Rate of Oxygen Consumption in Marine Fishes. *Am. Journ. Physiol.* 1929, **88**, 212-218.
- Blood Concentration in Marine Fishes. *Journ. of biol. Chem.* 1928, **76**, 623-631.
- The Ability of the Common Mackerel and Certain Other Marine Fishes to Remove Dissolved Oxygen from Sea Water. *Am. Journ. Physiol.* 1930, **93**, 417-421.
- The Respiration of Puffer Fish. *Biol. Bull.* 1931, **61**, 457-467.
- HALL (F. G.) et GRAY (I. E.). — The Hemoglobin Concentration of the Blood of Marine Fishes. *Journ. of biol. Chem.*, 1929, **81**, 589-594.
- HALL (F. G.), GRAY (I. E.), LEPKOWSKY (S.). — The Influence of Asphyxiation on the Blood Constituents of Marine Fishes. *Journ. of biol. Chem.* 1926, **67**, 549-554.
- HARRY (R. G.). — The Composition of certain Cooked Fish. *Chem. and Ind.* 1936, **55**, 150-151.
- HARVEY. — Biological Chemistry and Physics of sea water. *Cambridge University Press*, 1928.
- HASLER (A. D.), MEYER (R. K.) and FIELD (H. M.). — Spawning induced prematurely in Trout with the acid of Pituitary glands of the carp. *Endocrinology*, 1939, **25**, 978-983.
- Von HEVESY (G.) et HOFER (E.). — Der Austausch des Wassers im Fischkörper. *Zeit. für physiol. Chem.* 1934, **225**, 28-34.
- HICKMAN (K. C. D.). — Molecular Distillation : State of the Vitamins in Certain Fish liver Oils. *Ind. Eng. Chem.* 1937, **29**, 1107-1111.
- Molecular Distillation State of the vitamins in certain fish liver oils. *Ind. Eng. Chem.*, 1937, **29**, 1107-1111.

- HICKMAN (K.). — The Nature of Vitamin A in Fish Liver Oils and the Need for a New International Standard. *Journ. of biol. Chem.* 1939, **128**, *Scient. Proc.* XLIII-XLIV.
- HJORT (Johan). — Observations on the distribution of fat-soluble vitamins in marine animals and plants. *Proc. Roy. Soc.*, B, 1922, **93**, 440-449.
- HOLMES (A. D.) and CLOUGH (R. W.). — The chemical and physical characteristics of cod-liver oil. *Oil and Fat Ind.*, 1927, **4**, 403.
- HOLMES (A. D.). — Oils and fats from fish and shellfish. Appendix X to the Rep. of the Comm. of Fisheries for 1925, 1926, 532-539.
- HOUSSAY (B. A.). — Action sexuelle de l'hypophyse sur les Poissons et les Reptiles. *C. R. Soc. Biol.* 1931, **106**, (1), 377-378.
- HOUSSAY (B. A.) et RIETTI (C. T.). — Action de l'insuline sur les vertébrés poïkilothermes. *C. R. Soc. Biol.* 1924, **91**, 27-29.
- The Creatine Content of the Muscles and some other Tissues in Fishes. *Journ. of biol. Chem.*, 1929, **81**, 513-523.
- Further Observations on the distribution of Arginase in Fishes. *Journ. of biol. Chem.* 1929, **81**, 505-511.
- HUOT (A.). — Recherche sur les poissons lophobranches. *Thèse Sc. Nat.* Paris, 1901-02, 91 p.
- HYKES (O V.), MAZANEC (J.), SZÉCSÉNYI (L.). — Contribution à la connaissance des ferments digestifs des Poissons. *C. R. Soc. Biol.* 1934, **117**, 166-168.
- JACKSON (S.). — The islands of Langerhans in Elasmobranch and Téléostean fishes. *Journ. of metabolic Research.*, 1922, **2**, 141-146.
- JACQUOT (R.) et LINDERGERG (A.). — Variation de répartition entre le milieu extérieur et l'eau des tissus de Blennies des trois premiers alcools en fonction de la teneur en sel du milieu aquatique. *C. R. Soc. Biol.* 1938, **128**, 881-883.
- JARVIS (Normand). — Iodine content of Pacific coast sea foods. *Coll. of Fisheries of the Univ. of Washington*, 1928, **1**, 239-250.
- JOLIVET (F.) et REGNARD (P.). — Recherches physiologiques sur la respiration des animaux aquatiques. *Arch. de Physiol.* 1877, **4**, 584-633.
- JORPES (E.). — On the Chemical Composition of the Islands of Langerhans in the Monkfish (*Lophius piscatorius*). *Journ. of biol. Chem.*, 1930, **86**, 469-476.
- KAPLANSKI (S.) et BOLDIREWA (N.). — Ueber den Mineralstoffgehalt des Muskelgewebes von Süßwasserfischen bei gesteigerter Konzentration der Mineralsalze im Wasser. *Biochem. Zeit.* 1933, **265**, 422-425.

- KATZ (J.). — Die mineralischen Bestandteile des Muskelfleisches. *Arch. für ges. Physiol.*, 1896, **63**, 1-85.
- KERNOT (J. C.) and KNAGGS (J.). — The Swelling of Fish in solutions of Inorganic and Organic Acids. *Proc. Roy. Soc. (B.)* 1929, **105**; 280-297.
- KERNOT (J. C.) et SPEER (N. E.). — Das Vorkommen von labilem Phosphor im Fischmuskel. *Zeit. für. physiol. Chem.* 1933, **215**, 1-7.
- KEYS (A. B.). — The measurement of the Respiratory Exchange of aquatic Animals. *Biol. Bull.* 1930, **59**, 187-196.
- KILBORN (L. G.) and MACLEOD (J. J. R.). — The glycogen content of certain Invertebrates and Fishes. *Quart. Journ. exp. Physiol.*, 1920, **12**, 317-330.
- KNAUTHE (K.). — Zur Kenntnis der Stoffwechsel der Fische. *Pflug. Arch.* 1898, **23**, 490-500.
- KOKUBO (S.). — Contribution to the Research on the Respiration of Fishes. II. Studies on the Acidosis of Fishes. *Sci. Rep. Tohoku Imper. Univ.* 1930, **5**, 249-375.
- KOPEC (S.). — Contribution to the study of the development of the nuptial colour of fishes *C. R. Soc. Sciences, Varsovie* 1918, fasc. 1.
- KOSSEL (A.). — Ueber das Scombrin. *Zeit. für physiol. Chem.* 1906, **49**, 310-311.
- Zur Chemie der Protamine. *Zeit. für physiol. Chem.* 1910, **69**, 138-142.
- Weitere Mitteilungen über die Proteine der Fische-spermien. *Zeit. für physiol. Chem.* 1913, **88**, 163-185.
- Sur les Protamines et la Constitution des Matières albuminoïdes. *Bull. Soc. Chim.* 1903, **29**, I à XVIII.
- Zur Kenntnis des Salmins. *Zeit. für physiol. Chem.* 1903-4, **40**, 311-315.
- Einige Bemerkungen über die Bildung der Protamini im Tierkörper. *Zeit. für physiol. Chem.* 1905, **44**, 347-352.
- Ueber die basischen Stoffe des Zellkern. *Zeit. für physiol. Chem.* 1896-97, **22**, 176-187.
- Ueber die Constitution der einfachsten Eiweisstoffe. *Zeit. für. physiol. Chem.* 1898, **25**, 165-189.
- Weitere Mitteilungen über die Protamine. *Zeit. für. physiol. Chem.* 1898-99, **26**, 588-592.
- Ueber die Constitution der einfachsten Eiweisstoffe. *Zeit. für physiol. Chem.* 1896-97, **22**, 188.
- Weitere Beiträge zum System der einfachsten Eiweisskörper. *Zeit. für physiol. Chem.* 1905, **44**, 342-346.
- Zur Kenntnis des Salmins. *Zeit. für physiol. Chem.* 1903-04, **40**, 311-315.
- Ueber einen peptonartigen Bestandteil des Zellkerns. *Zeit. für physiol. Chem.* 1883-84, **8**, 511-515.

- KOSSEL (A.) und PRINGLE (H.). — Ueber Protamine und Histone. *Zeit. für physiol. Chem.* 1906, **49**, 301-321.
- KOSSEL (A.) und DAKIN (H. D.). — Beiträge zum System der einfachsten Eiweisskörper. *Zeit. für physiol. Chem.* 1903-04, **40**, 565-571.
- Ueber Salmin und Cluperin. *Zeit. für physiol. Chem.* 1904, **41**, 407-415.
- KOSSEL (A.) und EDLBACHER (F.). — Ueber einige Spaltungsprodukte des Thynnins und Percins. *Zeit. für physiol. Chem.* 1913, 88-186-189.
- KOSSEL (A.) und KUTSCHER (F.). — Beiträge zur kenntnis der Eiweisskörper. *Zeit. für physiol. Chem.* 1900-01, **34**, 165-214.
- Verhandl. d. naturforsch. Gesellschaft in Basel, 1874, **6**, 138.
- KROGH (A.) and LEITCH (I.). — The Respiratory Function of the Blood in Fishes. *Journ. of Physiol.* 1919, **52**, 288-300.
- KRÜKENBERG (Fr. W.). — Die Pigmente 1882. *Vergl. Studien* 2. Reihe 3 abt.
- KÜLME und SOWALL. — Zur Physiologie des Sehepithels insbesondere der Fische. 1880. *Unters. a. d. Physiol. Instit. d. Univ. Heidelberg* Bd. 3.
- KURAJEFF (D.). — Ueber das Protamin aus den Spermatozoen der Makrele. *Zlitschr. physiol. Chem.*, 1898-99, **26**, 524-534.
- LABBÉ (A.). — La notion du pH en Océanographie et en biologie marine. *Ann. Inst. Océan.*, **12**, 215-245.
- LEDERER (E.). — Recherches sur les caroténoïdes des Animaux inférieurs et des Cryptogames. *Thèse de Sc. Nat.* Paris, 1938, 92 p.
- LEFÈVRE (M.). — Sur la résistance de certaines algues d'eau douce à l'action des sucs gastro-intestinaux des Poissons. *C. R. Ac. Sc.*, 1940, **209**, 347-349.
- LEGENDRE (R.). — La concentration en ions hydrogène de l'eau de mer. le pH ; 1 vol 291 p., *Les Presses Universitaires de France*, Paris, 1925.
- Le Poisson. *Activités scient. et industr.* 1 vol., 457 p. Hermann, Paris, 1938.
- LEIM (A. H.), MACLEOD (J. J. R.) and SIMPSON (W. W.). — The relations between rigor mortis and the glycogen, lactic acid free phosphorus of fish muscle. *Contrib. Canad. Biol. and Fish.*, 1927, **3**, 457-466.
- LELAND (C.), WYMAN BRENTON (R.) and LUTZ. — The Effect of Adrenalin on the Blood Pressure of the Elasmobranch Squalus Acanthias. *Biol. Bull.*, 1932, **62**, 17-22.
- LEPKOVSY (S.). — The distribution of Serum and Plasma Proteins in Fish. *Journ. of biol. Chem.*, 1929, **85**, 667-673.

- LE ROUX (M.-F.). — Recherches sur le système nerveux des Poissons. *Thèse Sc. Nat., Paris*, 1887-88, 115 p.
- LEULIER et BERNARD (Mlle A.). — Sur les variations du taux de cholestérol dans l'œuf et l'alevin de truite-Arc-en-ciel (*Trutta irida*) au cours de leur développement. (Travaux du laboratoire d'Hydrobiologie et de Pisciculture de l'Université de Grenoble, XXII^e année, 1930, 211).
- LISSITZIN (M. A.) et ALEXANROWSKAIA (N. S.). — Uber Protamine einiger Fischarten. *Zeit. für physiol. Chem.*, 1933, **221**, 156-164.
- LOVERN (J. A.). — Fish liver oils rich in vitamin A. *Nature*, 1934, **134**, 422-423.
- Fat metabolism in fishes. II. The peritoneal, pancreatic and liver fats of the sturgeon (*acipenser sturio*). *Biochem. Journ.*, 1932, **26**, 1985-1988.
 - Fat metabolism in Fishes. I. General Survey of the fatty acid composition of a number of Fishes, both marine and fresh-water. *Biochem. Journ.*, 1932, **26**, 1978-1988.
 - Fat metabolism in fishes IV. Mobilisation of depot fat in the salmon. *Biochem. Journ.*, 1934, **28**, 1955-1960.
 - Fat metabolism in fishes. V The fat of the salmon in its Young freshwater stages. *Biochem. Journ.*, 1934, **28**, 1961-1963.
 - Fat metabolism in fishes. VII. The depot fats of certain fish fed on Known diets. *Biochem. Journ.*, 1935, **29**, 1894-1897.
 - Fat metabolism in fishes VIII. Changes in the fat of ripening salmon eggs. *Biochem. Journ.*, 1936, **30**, 20-24.
 - Fat metabolism in fishes. IX. The fats of some aquatic Plants. *Biochem. Journ.*, 1936, **30**, 387-390.
 - Fat metabolism in fishes. Hydrogenation in the fat depots of the tunny. *Biochem. Journ.*, 1936, **30**, 2025-2026.
 - Fat metabolism in fishes. X Hydrogenation in the fat the composition of Herring fat. *Biochem. Journ.*, 1938, **32**, 676-680.
 - Fat metabolism in fishes. XI, specific peculiarities in depot fat composition. *Biochem. Journ.*, 1937, **31**, 755-763.
 - Fat metabolism in fishes. XIII. Factors influencing the composition of the depot fat of fishes. *Biochem. Journ.*, 1938, **32**, 1214-1224.
 - Fat metabolism in fishes. XIV. The Utilization of the ethyl esters of fatty acids by the eel and their effect on depot fat composition. *Biochem. Journ.*, 1940, **34**, 704-708.

- LOVERN (J. A.), MEAD (T. H.) and MORTON (R. A.). — Halibut Intestinal Oil. *Biochem Journ.*, 1939, **33**, 338-343.
- LOVERN (J. A.), MORTON (R. A.) and IRELAJND (J.). — The distribution of Vitamins A₁ and A₂. *Biochem. Journ.*, 1939, **33**, 325-329.
- LOVERN (J. A.) and MORTON (R. A.). — The Distribution of the Fatty acids in Halibut Intestinal Oil, With a note on the Presence of Free Fatty Acids in the Intestines of Fish. *Biochem. Journ.*, 1939, **2**, 1734-1742.
- LOVERN (J. A.) and WOOD (H.). — Variations in the composition of Herring. *Journ. mar. biol. Ass.*, 1937, **22**, 281-293.
- LUNDE (G.), ASCHEHONG (V.) and KRINGSTAD (H.). — Fish as a source of vitamins A and D. *Industr. and Eng. Chem.*, 1937, **29**, 1171-1175.
- LUNDE (Gulbrand), BOE (Jens) and CLOSS (Karl). — Iodine content of american marine animals. *Journ. Cons. perm. intern. explor. mer*, 1931, **2**, 216-225.
- LUNDE (G.), CLOSS (K.), HALLAND (H.) and MEDSEN (S. O.). — The iodine content of the Norwegian fish and fish products. *Aarsberetn. vedk. Norges Fisk.*, 1928, **4**, 3-41.
- LUNDSTROM (H. H.) and BARD (Ph.). — Hypophysial Control of Cutaneous Pigmentation in an Elasmobranch fish. *Biol. Bull.*, 1932, **62**, 1-9.
- Mc CAY (C. M.). — The nutritional Requirements of Brook Trout. *Journ. of biol. Chem.*, 1930, **87**, V.
- Phosphorus Distribution Sugar and Hemoglobin in the Blood of Fish, Eels and Turtles. *Journ. of biol. Chem.*, 1931, **90**, 497-505.
- Mc CAY (C. M.), TUNISON (A. V.), CROWELL (M.) and PAUL (H.). — The Calcium and Phosphorus content of the Body of the Brook Trout in Relation to Age, Growth and Food. *Journ. of biol. Chem.*, 1936, **114**, 259-263.
- Mac CLENDON (J. F.). — On changes in the Sea and their Relation to Organisme. *Papers from the Dep. of mar. Biol. Carnegie Institut*, 1918, **12**, 213-259.
- Diurnal Changes in the Sea at Tortugas, Florida. *Proc. Nat. Ac. Sc.*, 1917, **3**, 692-693.
- Mc COLLUM (E. V.). — Vitamins in fish and shellfish. *Appendix X to the report of the U. S. Comm. of Fish for 1925*, 1926, 546-548.
- MACLEOD (J. J. R.). — The source of Insulin A study of the effect produced on blood sugar of extracts on the pancreas and principal islets of fishes. *Journ. of metab. Research*, 1922, **2**, 149-153.
- MACLEOD (J. J. R.) and SIMPSON (W. W.). — The immediate post mortem changes in Fish muscle. *Contrib. to Canad. Biol. and Fisch.*, 1927, **3**, 437-456.

- Mac PHERSON (N. L.). — Studies in the Behaviour of the Carbohydrates and lactic acid of the Muscle of the Had-dock After Death. *Biochem. Journ.*, 1932, **26**, 80-86.
- Mac WALTER (R. J.) et DRUMMOND (J. C.). — The Relation between lipochrome Pigments and Vit. A in the Nutrition of Young Fish. *Biochem. Journ.*, 1933, **27**, 1415-1420.
- MALASSEZ (L.). — Sur la richesse en Hémoglobine des globules rouges du sang. *Arch. de Physiol.*, 1877, **4**, 644-646.
- MANDEL (J. A.) and LEVENE (P. A.). — On the pyrimidin bases of the nucleic acid obtained from fische gas. *Journ. of biol. Chem.*, 1905-06, **1**, 425-426.
- MALENUCK (W. D.). — Zur Chemie der Protamine. *Zeit. für physiol. Chem.*, 1908, **57**, 99-112.
- MANN (F. C.) et MAGATH (T. B.). — Studies on the physiology of the liver II, The liver as a regulator of the glucose concentration of the blood. *Am. Journ. of Physiol.*, 1921, **55**, 285-286.
- MANNING, RUEL (J.), NELSON (E. M.) and TOLLE (C. D.). — Vitamin D in menhaden fish oils. *U. S. Bur. Fish., Invest. Rep.*, 1931, 35 p.
- MARCELET (H.). — Les huiles d'animaux marins. Béranger, Paris, 1924.
- MARNAY (Mlle A.). — Cholinestérase dans l'organe électrique de la Torpille. *C. R. Soc. Biol.*, 1937, **126**, 573-574.
- MARSHALL (E. K.) and GRAFFLIN (A. L.). — The Structure and Function of the Kidney of *Lophius piscatorius*. *Bull. John's Hopkins Hosp.*, 1928, **43**, 205-229.
- MATTHEWS (S. A.). — Color Changes in *Fundulus* After hypophysectomy. *Biol. Bull.*, 1933, **64**, 315-320.
- Zur Chemie der Spermatozoen. *Zeit. für physiol. Chem.*, 1897, **23**, 399-411.
- METZNER (H.) and ROHLER (E.). — Neue Untersuchungen über die Zusammensetzung der Körpersubstanz einiger Seefische. *Der Fischerbote*, 1931, **23**, 235-245.
- MEYER (P.). — La pression colloïdo-osmotique du sang chez les Poisons marins. *C. R. Soc. Biol.*, 1935, **120** ; 303-305.
- MEYER (H.). — Ueber die Ionenwirkung auf das Selachier und Teleostierherz. *Zeitschrift für biologie*, 1939, **99** ; 633-644.
- MIESCHER (Fr.). — Das Protamin eine neue organische Base aus den Samenfäden des Rheinlachs. *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 1874, **7**, 376-379.
- MIYACHI (S.). — Teneur en glutathion du saumon. *Japan. Journ. med. Sc.*, 1937, **5**, 267-268.
- MOLTENO and SAGE RAPSON. — Seasonal Variations in the Vitamin A content of certain Visceral Organe of the Geelbek or Cape Salmon (*Atractascion Aequidens C* and *V.*). *The Biol. Journ.*, 1939, **33**, 1390-1393.

- MONTUORI (A.). — Die Regel des Sauerstoffverbrauch in Bezug auf die äussere Temperatur bei Seetieren. *Zentralblatt für Physiol.*, 1907, **20**, 271-275.
- Les processus oxydatifs chez les animaux marins par rapport à la température. *Arch. ital. Biol.*, 1913, **49**, 140-157.
- MOREAU (E.). — Histoire naturelle des Poissons de la France. Paris, Masson, 1881-1891, 4 vol.
- MORGULIS (S.). — Studies on the Nutrition of Fish. Experiments on Brook Trout. *Journ. of biol. Chem.*, 1918, **36**, 391-413.
- MORKOWIN (N.). — Ein Beitrag zur Kenntnis der Protamine. *Zeit. für physiol. Chem.*, 1899, **28**, 313-317.
- MÖRNER (C. Th.). — Ist das behauptete Vorkommen optisch inaktiver Cystius als Extraktivstoff in Heringseiern bewiesen? *Zeit. für physiol. Chem.*, 1937, **250**; 25-30.
- MORTON (A.) and CREED (R. H.). — The Conversion of Carotene to Vitamin A² by some Fresh-Water Fishes. *Biochem. Journ.*, 1939, **33**, 318-324.
- MOTTRAM (V. H.). — Fatty acid metabolism in the liver. II. The relation of the fatty acids in the food of plaice to those in their livers and myotomes. *Journ. of Physiol.*, 1912-13, **45**, 363-369.
- NELSON (E. M.) and MANNING (R.). — Vitamins A and D in fish oils. *Indus. and Eng. Chem.*, 1930, **22**, 1361-1363.
- NEWBIGIN (Miss M. L.). — Pigments of Muscle and Ovary in the salmon, 1898. *Gool. Rep. Fish. Sutland*.
- NICLOUX (M.). — Diffusion de l'alcool éthylique dans les tissus chez le Poisson. Différenciation par son perméabilité à l'alcool d'une eau liée aux protéides. *C. R. Soc. Biol.*, 1934, **115**, 1284-1286.
- Action de CO sur les poissons et capacité respiratoire du sang de ces animaux. *C. R. Soc. Biol.*, 1923, **89**, 1328-1330.
- NICLOUX (M.), GOSSELIN (G.). — Répartition de l'alcool dans les tissus du poisson plongé dans un milieu alcoolisé. *C. R. Soc. Biol.*, 1933, **112**, 1101-1104.
- NOSAKA (T.). — Vergleichende Studien über den Iodgehalt der Schilddrüse von verschiedenen Tieren. *Ber. über ges. Physiol. exp. Pharmakol.*, 1926, **40**, 562-567.
- OKUDA (Y.). — On the extractive matters of *Palinurus japonicus* and *Loligobreekeri*. *Journ. Coll. Agric. Imp. Univ. Tokyo*, 1919, **7**, 55-67.
- On the chemistry of « Chiai » Flesh. *Journ. Coll. Agric. Imp. Tokyo*, 1919, **7**, 1-28.
- Quantitative determination of creatine, créatinine and monoamino-acids in certain Fishes, Mollusca and Crustacea. *Journ. Coll. Agric. Imp. Univ. Tokyo*, 1912, **5**, 25-31.

- OKUDA (Y.), OKIMOTO (T.) and YADA (T.). — Hydrolysis of the muscle proteins of the whale and the cod. *Journ. Coll. Agric. Imp. Univ. Tokyo*, 1919, **7**, 29-37.
- OKUDA (Y.) and OYAMA (K.). — Hydrolysis of Fish muscle. *Journ. Coll. Agric. Imp. Univ. Tokyo*, 1916, **5**, 365-372.
- OKUDA (Y.), UEMATSU (S.), SAKATA (K.) and FUJIKAWA (K.). — Hydrolyses of the proteins of *Loligo breckeri*, *Palinurus japonicus* and *Paralithodes camtschatica*. *Journ. Coll. Agric. Imp. Univ. Tokyo*, 1919, **7**, 39-54.
- OSBORNE (Th. B.) and HEYL (F. W.). — Hydrolysis of Fish Muscle. *Amer. Journ. of Physiol.*, 1908, **23**, 81-89.
- OSBORNE (The. B.) and JONES. — Hydrolysis of the muscle of the scallop. *Amer. Journ. of Physiol.*, 1908, **23**, 161-169.
- OWEN (S.). — The bitterling fish response to male sex hormones. *Endocrinology*, 1937, **21**, 689-690.
- PALITZSCH. — Measurement of the Hydrogen Ion Concentration in Sea-Water. *Rep. on the Danish Oceanogr. Exped.*, **1**, 237.
- PALMER (L. S.). — Carotinoids and related pigments, 1922. *Chemical Catalog C°* New-York.
- PARKER (G. H.). — Humoral agents in nervous activity. with special reference to chromatophores. *Cambridge, Univ. Press*, 1932.
- PARKER (G.) et PORTER (Helen). — The control of the dermal melanophores in Elasmobranchs fishes. *Biol. Bull.*, 1934, **66**, 30-37.
- PARKS (T. B.) and ROSE (E. R.). — The copper iron and manganese content of fish. *Journ. of Nutrit.*, 1933, **6**, 95-98.
- PAULANT (F.). — Contribution à l'étude de la fixation et de la répartition du potassium chez les Oiseaux et les Poissons. *Thèse Pharm. Lyon*, 1935, 140 p.
- PELLEGRIN (J.). — Poissons vénéneux. *Thèse méd. Paris*, 1900.
- PICQUE (R.). — Recherches sur la structure et le développement du pancréas chez le *Petromyzon*. *Thèse Sc. Nat. Paris*, 1913, 60 p.
- POLIMANTI (O.). — Ueber den Fettgehalt und die biologische Bedeutung desselben für die Fische und ihren Aufenthaltsort. *Biochem. Zeitschr.*, 1913, **56**, 439-445.
- Ueber den Fettgehalt und die Biologische Bedeutung desselben für die Fische und ihren Aufenthaltsort, sowie Ueber den Fettgehalt jenach dem Alter der Fische. *Biochem. Zeitschr.*, 1915, **69**, 145-154.
- PORTIER (P.). — Le milieu intérieur dans la série animale. Centre de documentation universitaire. Paris, 3, pl. de la Sorbonne, 1934.
- Le milieu intérieur. *Encyclopédie française*, 1937, **4**, 42-46.

- POTTINGER (S. R.), LEE (Charles F.), TOLLE (Chester D.) and HARRISON (Roger W.). — Chemical and Physical properties of Haddock liver oil and its vitamin content. *U. s. Bureau of Fish., Investig. Rep.*, 1935, 27.
- POWERS (E. B.). — The Goldfish as a test animal in the study of toxicology. *Univers. Illinois*, 1918. *Illinois biolog. Monographs* IV - 2.
- RABAUD (E.) et VERRIER (M. L.). — Les Variations morphologiques de la vessie natatoire de *Cyprinus Carpio* et leurs conséquences biologiques. *Arch. de Zool. exp.*, 1938-39, 80, 80, 1938-39.
- RANDOIN (L.), FONTAINE (M.), BUSNEL (R. G.), RAFFY (Mlle A.). — Facteurs de croissance du rat contenus dans la peau et les écailles de certains poissons. *C. R. Soc. Biol.*, 1938, 129, 473-476.
- RATCHEVSKY (Ph.). — La détermination de la teneur du sang, des tissus et des humeurs en caroténoïdes dans la pratique quotidienne clinique. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1935, 17, 1187-1193.
- REGNARD (P.). — La vie dans les eaux. Masson, Paris, 1891.
- REGNARD (P.) et PORTIER (P.). — Influence de la pression sur la vie. *Traité de Physique biologique de d'Arsonval. Chauveau, Gariel, Marey*. Masson, Paris, 1901.
- RÉMY (P.). — L'Iode et la métamorphose de l'Ammocoetes branchiales en *Petromyzon planeri* Bloch. *C. R. Soc. Biol.*, 1922, 86, 129-130.
- RENTE (J.). — On the occurrence of a « principal islet » in the pancreas of Teleostei. *Journ. of Anat. and Physiol.*, 1903, 37, 375-382.
- ROCHE (J.). — Sur la biochimie comparée des pigments respiratoires. *Bull. Soc. Chimie biologique*, 1934, 16, 793 p., 816.
- ROCHE (J.) et BULLINGER (Mlle E.). — Sur les phosphatases du système osseux des Poissons (Sélaciens et Téléostéens). *C. R. Ac. Sc.*, 1938, 207, 947-948.
- ROCHE (J.) et COLLET (J.). — Activité phosphatasique des dents et de la peau chez la Lamproie marine et biochimie comparée de l'ossification. *C. R. Ac. Sc.*, 1939, 208, 2111-2112.
- ROCHE (J.), DERRIEN (Y.), FONTAINE (M.). — Pression osmotique et poids moléculaire des albumines et des globulines sériques chez les Sélaciens et les Cyclostomes. *C. R. Ac. Sc.*, 1940, 289, 374-376.
- Pression osmotique et poids moléculaire des albumines et des globulines sériques des Sélaciens et des Cyclostomes et classification zoologique. *Bull. Soc. de Chimie biol.*, 1940, 22, 395-405.

- ROCHE (J.) et FONTAINE (M.). — Sur le pigment respiratoire de la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) et sur la répartition zoologique des pigments respiratoires protohématiniques (hémoglobines et érythrocytines). *C. R. Ac. Sc.*, 1938, **206**, 626-628.
- RODIER (E.). — Observations et expériences comparatives sur l'eau de mer, le sang et les liquides internes des animaux marins. *Bull. stat. biol., Arcachon*, 1899 ; 103-123.
- ROGER (H.), BINET (L.) et VERNE (J.). — La lipodièrese dans les organes respiratoires des Vertébrés inférieurs. *C. R. Soc. Biol.*, 1928, **98**, 931-932.
- ROMAN (W.). — Eine vergleichende Uebersicht über den Jodgehalt von Meer und Süßwasserfischem. *Ein Beitrag zur Kropfprophylaxie. Mitt. Deutsch. Seerssch-Verreins*, 1930, **46**, 552-555.
- ROOT (A. M.). — The Respiratory function of the Blood of Marine fishes. *Biol. Bull.*, 1899, **61**, 427-454.
- ROOT (R. W.) and GREEN (A. A.). — The Effect of Acidity on the Carbone Monoxide combining Power of Hemoglobin in the Blood of Marine Fish. *Journ. of biol. Chem.*, 1934, **106**, 545-552.
- ROOT (R. W.), HALL (F. G.) and GRAY (I. E.). — The Influence of Insulin on Glycogen Distribution in Marine Fishes. *Journ. of biol. Chem.*, 1931, **91**, 27-35.
- ROSE (William C.) and BODANJSKY (Meyer). — Chemical studies on marine organisms. I. The occurrence of copper. *Journ. of biol. Chem.*, 1920, **44**, 99-112.
- ROSEDALE (J. L.). — The amino-acids of Flesh. The diamino-acid content of Fish. *Biochem. Journ.*, 1929, **23**, 161-165.
- The proteins of Fish. *Journ. Inst. Chem. Great Britain and Ireland*, 1928, 318 p.
- ROST (R. W.). — The Respiratory Function of the Blood of Marin Fishes. *Biol. Bull.*, 1931, **61**, 427-456.
- ROULE (L.). — Les Poissons et le Monde vivant des Eaux. VII. L'abîme des grands fonds marins. 1 vol., 326 p., Delagrave, Paris, 1934.
- RUDRA (M. N.). — Studies in Vitamin C. Part. II. The Vitamin C Contents of the liver of Some Indian Freshwater. *Journ. of Indian Chem. Soc.*, 1936, **13**, 740-742.
- RYGH (O.). — Non identity of vitamin D₂ (irradiated ergosterol, calciferol) and the natural vitamin D from cod-liver oil. *Nature*, 1935, **136**, 396-397.
- SANNA (G.). — Contenu vitaminique de l'huile de thon. *Boll. chim. farm.*, 1937, **76** ; 497-500.
- SEVERY (H. W.). — The occurrence of copper and zinc in certain marine animale. *Journ. of biol. Chem.*, 1923, **55**, 79-92.

- SMITH (Homer W.). — Metabolism of the lung-fish. *Prætop-terus Aethiopicus*. *Journ. of biol. Chem.*, 1930, **88**, 97-130.
- SMITH (H. W.). — The excretion of ammonia and urea by the gills of Fish. *Journ. of biol. chem.*, 1929, **81**, 727-742.
- The composition of the body fluids of Elasmobranchs. *Journ. of biol. Chem.*, 1929, **81**, 407-419.
- SCHMIDT-NIELSEN (S.), FLOOD (A.) and STENE (J.). — Ueber grösse und Vitamingehalt der Leber verschiedener Tiere. *Kg Norske Vidensk. Selsk. Forh.*, 1934, **7**, 81-84.
- On the size of the liver of some gristly fishes and of some bone-fishes and their content of fat and vitamin A. *Kg Norske Vidensk. Selsk. Forh.*, 1934, **7**, 47-50, 70-73.
- SCHMIDT-NIELSEN (S.) and SIGNE. — Der Gehalt der Knorpelfische an antirachitischen vitamin. *Zeit. für physiol. Chem.*, 1930, **189**, 229-238.
- On the high content of vitamin D in the Tunny liver oil. *Kg Norske Vidensk. Selsk. Forh.*, 1934, **6**, 218-221.
- SCHNEIDER (G.). — Farbenvariationen des Flussbarsch (*Perca fluvi.*), 1908. *Korrep. Diss. d. philos. Fakultät*, Bern.
- SCHÖNDORF (Al.). — Ueber den Farbenwechsel bei Forellen, 1903. *Inaug. Diss. d. philos. Fakultät*, Bern.
- SCHOUTEN (D. E.). — Insuline de poisson. *Neederlandsch Tkjdschrift van Gengeskunde*, 1923, **67**, 2118.
- SHARP (L. G.). — Post-mortem breakdown of glycogen and Accumulation of lactic acid in Fish Muscle. *Proc. Roy. Soc. (B)*, London, 1934, **114**, 506-512.
- SHARP (J. G.). — Estimation and identification of the amino-acids of the protein of Fish's muscle. *Rep. Food Invest. Board for the year*, 1935, 1936, 65-66.
- Post-mortem breakdown of glycogen and Accumulation of lactic acid in Fish Muscle at low Temperatures. *Biochem. Journ.*, 1935, **29**, 850-853.
- Estimation and identification of the amino-acids of the protein of Fish's muscle. *Rep. Food Invest. Board for the year* 1935-1936, 65-66.
- SHORLAND (F. B.). — New Zealand Fish Oils. II. Seasonal Variations in the Vitamin A content of ling (*Genypterus Blacodes*) liver Oil. *Biochem. Journ.*, 1938, **32**, 488-493.
- SKLOWER (A.). — Ueber Beziehungen zwischen Schilddrüse und Thymus. *Zeit. für vergleich. Physiol.*, 1927, **6**, 150-166.
- SMITH (H. W.). — The composition of the Body fluids of Elasmobranchs. *Journ. of biol. Chem.*, 1929, **81**, 407-419.

- STANSBY (M. E.) and LEMON (J. M.). — Quantitative Determination of Oil in Fish Flesh. *Ind. Eng. Chem. Anal.*, 1937, **9**, 341-343.
- STENDEL (H.). — Die Zusammensetzung der Nucleisäuren aus Thymus und aus Herringsmilch. *Zeit. für physiol. Chem.*, 1906, **49**, 406-409 ; 1907, **53**, 14-18.
- STEPHAN (P.). — Recherches histologiques sur la structure du tissu osseux des Poissons. *Th. Sc. Nat. Paris*, 1900, 150 p.
- STRACK (E.), SCHWANEBERG (H.) und WANNSCHAFF (G.). — Ueber die basischen Bestandteile aus Neunaugen. *Zeit. für Physiol. Chem.*, 1937, **247** ; 52-63.
- STRANSKY (E.). — Untersuchungen über dem Purinhaushalt bei Fischen und Amphibien. *Biochem. zeit.*, 1933, **266**, 287-300.
- TAYLOR (A. E.). — On the Composition and Derivation of Protamin. *Journ. of biol. Chem.*, 1908-09, **5**, 389-398.
- TAYLOR (E.). — On the Synthesis of Protamin through ferment Action. *Journ. of biol. Chem.*, 1908-09, **5**, 381-387.
- TAYLOR (F.). — Mineral constituents of fish and shellfish. *Appendix X to the Rep. of the Comm. of Fisheries for*, 1925, 1926, 539-546.
- THOMASSET (J.-J.). — Recherches sur les tissus dentaires des poissons fossiles. *Thèse Sc. Nat. Paris*, 1930, 153 p.
- TERROINE (E.-F.), BONNET (R.), KOPP (G.) et VECROT (J.). — La formation des stérols est-elle liée au métabolisme des lipides. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1927, 679-691.
- TERROINE (E.-F.), HATTERER (Ch.) et ROEHRIG (P.). — Les acides gras des phosphatides chez les animaux poikilothermes, les végétaux supérieurs et les microorganismes. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1930, 682-702.
- THOMAS (A.). — Studies of the Absorption of metallic Salts by Fish in their Natural Habitat II. The Absorption of nickel by *Fundulus Heteroclitus*. *Journ. of biol. chem.*, 1923-24, **58**, 671-674.
- TOLLE (C. D.) and NELSON (E. M.). — Salmon oil and Canned salmon as sources of vitamins A and D. *Ind. and Eng. Chem*, 1931, **23**, 1066-1069.
- TOMIYAMA (Tetuo). — The chemical composition of Tunny liver oil. *Bull. Jap. Soc. scient. Fish.*, 1933, **2**, 1-7.
- TRESSLER (Donald K.) and WELLS (A. W.). — Iodine contents of sea foods. *Rep. U. S. Comm. of Fish ans Fisheries*, 1924-25.
- TRESSLER (Donald K.). — Fish and Shellfish as source of protein. *Appendix X to the Rep. of the Comm. of Fisheries for* 1925, 1926, 527-532.
- TRUESDAIL (R. W.) and CULBERSTON (H. J.). — Sardine and Tuna oils as sources of vitamine D. *Industr. and Eng. Chem*, 1933, **25**, 563-564.

- TSUJIMOTO (M.). — On the cause of odours of oils and fats, especially of marine animals oils. *Journ. Coll. Eng. Tokyo*, 1908, **4**, 181-191.
- The liver Oils of Elasmobranch Fish. *Chem. and Transact.* 1932, **51**, 317-323.
- ULPIANI (C.). — Sulla base proteica dello sperma del tonno. *Gaz. chim. ital.* 1904, **32**, II, 215-234.
- VARS (F. M.). — Blood Studies on Fish and Turtles. *Journ. of biol. Chem.* 1934, **105**, 135-137.
- VERNON (H. M.). — The Respiratory Exchange of lower marine Invertebrates. *Journ. of Physiol.* 1896, **19**, 18-70.
- VILTER. — Déterminisme mélano-constricteur de bandes d'assombrissement consécutives aux sections nerveuses dans la nageoire dorsale du gobius. *C. R. Soc. Biol.* 1938, **129**, 1166-1168.
- VINCENT (S.). — The islets of Langerhans and the functions of the pancreas. *The Lancet*, 1924, **1**, 947-948.
- VINCENT (S.), DODDS (E. C.) et DICKENS (F.). — The pancreas of teleostean fishes and the source of insulin. *The Lancet*, 1924, **11**, 115-116.
- WALD (G.). — Pigments rétinien. II rouge-gorge de mer, perche de mer et scuf. *Journ. of Gen. Physiol.* 1936, **20**, 45-56.
- WASTL (H.). — Beobachtungen Ueber die Blutgase des Karpenblutes. *Biochem. Zeit.* 1928; **197**, 363-380.
- WEISS (F.). — Untersuchungen über die Bildung des Lachspatamins. *Zeit. für physiol. Chem.* 1907, **52**, 107-120.
- WEISSMAN (A. I.), MISHKIND (D. I.), KLEINER (I. S.) and COATES (C. W.). — Estrogenic hormones in the ovaries of Swordfish. *Endocrinology* 1921, **37**, 413-414.
- WELLS (M.). — Réactions and resistance of Fishes in their natural environment, to Acidity, alkalinity and neutrality. *Biol. Bull.* 1215, **29**, 221-254.
- VELLUZ (J.). — Recherches sur le Magnésium sérique. *Thèse Méd.* Lyon, 1934, 160 p.
- WICKWIRE (G. C.), SEAGER (L. D.) and BURGE (W. E.). — Proof that desiccated thyroid increases sugar utilization while commercially prepared thyroxin and other iodine compound do not. *Amer. Journ. of Physiol.* 1928, **85**, (Proc. Amer. Phys. Soc.), 412.
- WILSON (W.) and ADOLPH (E. F.). — The partition of non-protein Nitrogen in the Blood of fresh Water Fish. *Journ. of biol. Chem.* 1917, **29**, 405-411.
- WHITE (F. D.). — Reducing substance in the Blood of the Dogfish, *Squalus*, Sucklii and certain other Fishes. *Journ. of biol. chem.* 1928, **77**, 655-669.
- WYNNE (A. M.). — The tryptic hydrolysis of Haddock muscle. Preliminary paper. *Contr. Canad. Biol. Fish.* (N. S.). 1929, **4**, 319-341.

- YOUNG (R. T.). — Resistance of Fish to salts and alkalinity. *Amer. Journ. of Physiol.* 1923, **63**, 373-388.
- YOUNG (E. G.) and INMAN (W. R.). — The Protein of the Casing of Salmon Eggs. *Journ. of biol. Chem.* 1938, **124**, 189-193.
- ZAGANI (V.). — Fosfageno muscolare nei pesci. *Atti Acad. Lincei*, 1929, **10**, 599-603.
- Von ZEYNEK (R.). — Ueber den blauen Farbstoff aus den Flossen des *Crenilabrus pavo*. *Zeit. für physiol. Chem.* 1902, **36**; 568-574.
- ZILVA (S. S.) and MIURA (M.). — The quantitative estimation of the fatsoluble factor. *Biochem. Journ.*, 1921, **15**, 654-659.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.	7
Chapitre I. — Les lipides.	9
Chapitre II. — Les carbures d'hydrogène.	27
Chapitre III. — Les vitamines A.	29
Chapitre IV. — Vitamine D.	33
Chapitre V. — Le cycle des glucides.	39
Chapitre VI. — Les protides.	57
Chapitre VII. — Les venins.	73
Chapitre VIII. — Les pigments cutanés.	77
Chapitre IX. — Oxydations et réductions.	93
Chapitre X. — Les ions.	121
Chapitre XI. — L'eau.	137
Chapitre XII. — L'équilibre acide-base.	147
Chapitre XIII. — Calcification et ossification.	157
Chapitre XIV. — Rôle de la pression.	163
Chapitre XV. — Composition chimique des organes génétaux.	169
Chapitre XVI. — Les hormones génitales.	183
Chapitre XVII. — Les ferments digestifs.	191
Chapitre XVIII. — Les médiateurs neuro-chimiques..	199
CONCLUSIONS.	201
BIBLIOGRAPHIE. . .	205

IMPRIMERIE
BOSC FRÈRES, M. & L. RIOU
42, QUAI GAILLETON, 42
LYON

